



UNIVERSIDADE DO MINDELO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR

CURSO DE LICENCIATURA em ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS

RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANO LETIVO 2017/2018 – 4º ANO

**Tema: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA DE UM SISTEMA DE ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECIMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA AO AEROPORTO DE
SÃO VICENTE (CESARIA EVORA)**

Autor: Elton John Rocha Lima Monteiro, Nº 3306

Orientador: Prof. Doutor José Pedro de Barros Duarte Fonseca

Coordenação: Albertino Graça

Mindelo, 2018

**CURSO DE LICENCIATURA EM
ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANO LETIVO 2017/2018 – 4º ANO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA DE UM SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ABASTECIMENTO DA ENERGIA
ELETRICA AO AEROPORTO DE SÃO VICENTE (CESARIA EVORA)**

AUTOR: ELTON JOHN ROCHA LIMA MONTEIRO, Nº 3306

ORIENTADOR: PROF. DOUTOR JOSÉ PEDRO DE BARROS DUARTE FONSECA

ELTON JOHN ROCHA LIMA MONTEIRO

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA DE UM
SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
ABASTECIMENTO DA ENERGIA ELETRICA AO AEROPORTO DE
SÃO VICENTE (CESARIA EVORA)

Projeto do trabalho de conclusão do curso, apresentado
à Universidade do Mindelo como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia
em Energias Renováveis.

Orientador:

Prof. Doutor José Pedro de Barros Duarte Fonseca

RESUMO

A energia solar fotovoltaica é a energia elétrica produzida a partir de luz solar, e hoje aparece como uma interessante opção para complementar a matriz energética Cabo-verdiana. A tecnologia que já é amplamente adotada nos países desenvolvidos finalmente ganha espaço no mercado Cabo-verdiano, tornando-se uma alternativa altamente viável para ser utilizada até mesmo no setor de grande geração de energia, como exemplo nos aeroportos. A possibilidade da implantação de um sistema de geração de energia limpa e distribuída atrai cada vez mais a atenção de investidores e pesquisadores para esta área. Atualmente existe uma grande preocupação e cooperação global com as questões ambientais, sendo a geração de energia um dos principais tópicos de discussão em diversas ocasiões. Cabo Verde se apresenta como um dos países com maior potencial para se tornar um dos maiores usuários dos sistemas fotovoltaicos, tendo em vista a posição privilegiada em que se encontra no globo, recebendo uma incidência solar maior do que os países desenvolvidos.

É neste cenário tão atrativo que surgiu a ideia de explorar esse tipo de sistema no aeroporto Cesária Évora. O objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação técnica e econômica para a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) para a eletrificação do Aeroporto do Aeroporto Cesária Évora, localizado na ilha de São Vicente em Cabo Verde. Trata-se de uma avaliação de implantação de um projeto piloto em aeroportos para Cabo Verde, onde estuda-se a implantação de um SFCR no parque do aeroporto, em que este será aproveitado para servir de sombra para os veículos visto que o parque de estacionamento é totalmente descoberto. A avaliação técnica foi realizada com auxílio dos dados meteorológicos e do consumo de energia elétrica referentes ao período de 2017 a 2018. Na avaliação técnica utilizou-se também um software para simular o desempenho do sistema durante um ano.

Palavras-chave: *Energia fotovoltaica, matriz energética, solar, meio ambiente, sistema fotovoltaico conectado à rede.*

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is electricity produced from sunlight, and today appears as an interesting option to complement the Cape Verdean resources. The technology which is already widely adopted in developed countries, and is finally gaining ground in Cape Verde, becoming a highly viable alternative for use even in small power generation sector, for example the residential sector. The possibility of implementing a clean and distributed power generation system is increasingly attracting the attention of investors and researchers to this area. Nowadays exists a major concern and comprehensive cooperation about the environmental topics, one of the main topics of discussion on several occasions being power generation. Brazil presents itself as one of the countries with the greatest potential to become one of the largest users of photovoltaic systems, considering a privileged location on the globe, which receives a higher incidence of sunlight in comparison with developed countries.

It is in this scenario, so attractive that the idea of exploring this type of system appeared at the airport Cesária Évora. The objective of this work is to make a technical and economic evaluation for the installation of a grid- connected photovoltaic system for the electrification of the Airport Cesária Évora, located on the island of São Vicente in Cape Verde. This is a pilot project in Airport for Cape Verde. The technical evaluation was performed with the aid of meteorological data and that of electrical energy consumption for the period from 2017 to 2018. A software is used to simulate the performance of these proposed systems.

Keywords: *Photovoltaic energy, energy sources, solar, environment, grid connected photovoltaic cell.*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a duas pessoas: Minha mãe e minha avó.

Pois não mediram esforços para a realização dos meus sonhos.

Além disso, me ensinaram a seguir os caminhos corretos e me orientaram a fazer as melhores escolhas.

Mostraram que a honestidade e o respeito são essenciais a vida e que devemos sempre lutar pelo que queremos.

A elas devo a pessoa que me tornei.

Tenho muito orgulho por chamá-las de mãe.

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer a minha mãe e minha avó, por todo amor, dedicação, confiança e ensinamentos transmitidos. Por terem sempre me guiado de forma íntegra, acreditando em mim e priorizando a minha educação. Por serem meu alicerce, e fonte maior de inspiração e motivação. Sem eles esse momento não seria possível.

Aos irmãos e familiares em geral, pelo amor, dedicação e incentivo;

A minha namorada pela paciência, apoio e por sempre estar do meu lado;

Ao meu orientador e professor Doutor José Pedro de Barros Duarte Fonseca, pela prontidão, dedicação e sobretudo profissionalismo com quem me apoiou;

Ao técnico responsável de manutenção do aeroporto Cesária Évora Sr. Afonso Rocha pelo interesse, apoio e contribuição para que esse trabalho fosse realizado, e a diretório do aeroporto por ter aceitado fornecer os dados para a realização desse trabalho;

Aos meus amigos, os quais carrego desde os tempos de infância, e que apesar das diferenças e da correria do dia-a-dia sempre estão juntos, mostrando que a vida não precisa ser levado tão a sério. E aos amigos que fiz durante o curso, que sempre estiveram presentes nessa caminhada, compartilhando todos os momentos, aos quais sou imensamente grato por ter conhecido, e tenho o prazer de chamar de família. Sem eles nada teria sentido;

À Universidade do Mindelo, pela oportunidade de realização do curso;

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram ao longo da minha caminhada, a todos os meus amigos, a todos os professores com quem tive contato, aos familiares, enfim, a todos que compartilharam esse sonho comigo e o ajudaram a tornar realidade.

*"Algo só é impossível até que alguém
duvide e acabe por provar o contrário"*

Albert Einstein

ÍNDICE

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	15
1.1– <i>Objetivo</i>	18
1.2 – <i>Justificativa</i>	19
1.3 – <i>Metodologia</i>	20
1.4 – <i>Estrutura do trabalho</i>	21
CAPÍTULO II- ESTADO DA ARTE	22
2.1- <i>Energia Solar</i>	22
2.2- <i>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</i>	25
2.3- <i>Principais componentes do sistema fotovoltaico</i>	28
2.4- <i>Premissas e Legislação</i>	34
2.6- <i>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS NO MUNDO</i>	36
CAPITULO III- MATERIAL A SER UTILIZADO NA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA O SISTEMA	42
3.2- <i>Fibra de vidro</i>	45
3.3- <i>Aço</i>	46
3.4- <i>Alumínio</i>	46
3.5- <i>Parafusos /rebites e outros materiais utilizados juntamente com as estruturas</i>	48
CAPITULO IV- LEGISLAÇÃO CABO-VERDIANA	49
4.1- <i>Exercício da atividade</i>	49
4.2- <i>Disposição Gerais para o Regime para microprodução</i>	49
4.3- <i>Direitos do produtor</i>	50
4.4- <i>Deveres do produtor</i>	51
4.5- <i>Incentivo à produção de eletricidade com origem renovável, com base no regime para microprodução</i>	51
4.6- <i>Faturação, contabilidade e relacionamento aplicável à microprodução</i>	52
4.7- <i>Atividade de Instalação</i>	52
4.8- <i>Inspeção e ligação à rede</i>	53
4.9- <i>Contagem de eletricidade</i>	55
4.10- <i>Contrato de compra e venda</i>	56
CAPITULO V- SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	57
5.1 <i>Archelios Pro</i>	57
5.2 <i>Polysun</i>	58
5.3 <i>PVsyst</i>	59
5.5 <i>Homer</i>	59
5.6 <i>Discussão sobre a adequabilidade de utilização destas ferramentas</i>	60
CAPITULO VI – CASO DE ESTUDO: PROJECTO FOTOVOLTAICO PARA O AEROPORTO CESARIA EVORA	61

6.1- Descrição do projeto.....	61
6.2- Enquadramento Geográfico e localização	62
6.3- Estudo do potencial solar da ilha de São Vicente	63
6.3- Sombreamento e inclinação.....	66
6.4- A Análise do sistema elétrico do Aeroporto	67
6.5- Análise da demanda de energia elétrica do Aeroporto	69
6.6 – Escolha dos Módulos Fotovoltaicos	70
6.7- Escolha do Inversor	72
6.8 – Metodologia de cálculos	74
6.9- Dimensionamento dos componentes do sistema	77
6.10- Dimensionamento do sistema utilizando no HOMMER	87
6.11- Simulações no software HOMER.....	88
6.12- Simulação inicial para o sistema real	89
6.13- Análise dos resultados da simulação.....	95
6.14- Análise de viabilidade económica	101
6.14- Manutenção do sistema fotovoltaico	102
7- CONCLUSÃO	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	107
ANEXOS.....	114
Anexo 1- Relatório do sistema dimensionado no HOMER.....	114
Anexo 2- Catalogo Modulo	118
.....	118
Anexo 3- Fatura mensal.....	119

Índice de figuras

FIGURA 1- CAMADAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO	24
FIGURA 2- MODELO GERAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO.....	25
FIGURA 3- ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA	27
FIGURA 4- MODELO GERAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO.....	27
FIGURA 5- REPRESENTAÇÃO DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	28
FIGURA 6 – HIERARQUIA FOTOVOLTAICA.....	28
FIGURA 7 – ESTRUTURA DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA	30
FIGURA 8- SÍMBOLO ELÉTRICO DE UM INVERSOR.....	31
FIGURA 9 – INVERSOR PHB4600-SS.	32
FIGURA 10 – COMPARATIVO DE REFLEXÃO DA LUZ EM DIVERSAS SUPERFÍCIES	36
FIGURA 11- AEROPORTOS NO MUNDO COM INSTALAÇÕES OU PROJETOS FV.....	37
FIGURA 12 – MÓDULOS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE INDIANAPÓLIS NOS ESTADOS UNIDOS.....	37
FIGURA 13 – MÓDULOS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE DUSSELDORF, NA ALEMANHA.....	38
FIGURA 14 – MÓDULOS INSTALADOS NO AEROPORTO DE THUNDER BAY, NO CANADÁ.....	38
FIGURA 15 – PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE DENVER, NOS ESTADOS UNIDOS.....	39
FIGURA 16 – PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE CIBAO, NA REPÚBLICA DOMINICANA.	39
FIGURA 17- PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE COCHIN, NA ÍNDIA....	40
FIGURA 18- SUPORTES DE FERRO GALVANIZADO NO FAROL DE SÃO PEDRO	44
FIGURA 19- SUPORTE DE FIBRA DE VIDRO NO FAROL DA BAIJA DAS GATAS.....	45
FIGURA 20- ESTRUTURA DE FERRO GALVANIZADO NA UNIVERSIDADE DO MINDELO	46
FIGURA 21- ESTRUTURA DE ALUMÍNIO NA ESCOLA INDUSTRIAL COMERCIAL DO MINDELO G.D. C.....	47
FIGURA 22- ESTRUTURA DE ALUMÍNIO NO HOTEL TERRA LODGE	47
FIGURA 23- CORROSÃO POR EFEITO GALVÂNICO EM SISTEMAS COM SUPORTE DE FERRO NO PRSI.....	48
FIGURA 24- PARQUE DE ESTACIONAMENTO DO AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA	61
FIGURA 25- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA.....	62
FIGURA 26- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA.....	62
FIGURA 27- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA.....	63
FIGURA 28- RADIAÇÃO SOLAR ANUAL (2012) NA ILHA DE SÃO VICENTE EM KWH/M2.....	64
FIGURA 29- LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO AEROPORTO	66
FIGURA 30 – MÓDULO AVP72M	70
FIGURA 31 – INVERSOR SMC 11000TLRP-10.....	72
FIGURA 32- DIAGRAMA UNIFILAR DE UM DOS 10 SUBSISTEMAS.....	80
FIGURA 33 – DIAGRAMA UNIFILAR DO SFCR.	81
FIGURA 34- ADIÇÃO E REMOÇÃO DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO.....	88
FIGURA 35- DADOS DE ENTRADA DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	89
Figura 36- ENTRADAS DA REDE ELÉTRICA.	90
Figura 37- ENTRADAS ADICIONAIS DA REDE ELÉTRICA.....	91
Figura 38- ENTRADAS DO INVERSOR.....	92
FIGURA 39- DADOS DE ENTRADA DO RECURSO SOLAR COM BASE NA LOCALIZAÇÃO.	93

Figura 40- ENTRADAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO.	94
Figura 41- RESUMO FLUXO DE CAIXA.	95
Figura 42- FLUXO DE CAIXA.	96
Figura 43- RESULTADOS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA.	97
Figura 44- SAÍDAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO	98
Figura 45- SAÍDAS DOS INVERSORES.....	99
Figura 46- SAÍDA DA REDE ELÉTRICA.....	100

Índice de tabelas

TABELA 1- MATÉRIAS MAIS UTILIZADOS NAS ESTRUTURAS DE S. F.	42
TABELA 2: SUPORTE INSTALADAS EM SÃO VICENTE A MAIS DE 20 ANOS	44
TABELA 3- SUPORTES RECENTEMENTE INSTALADOS EM SÃO VICENTE	45
TABELA 4- RADIAÇÃO SOLAR (SV) JULHO A DEZEMBRO DE 2012.....	65
TABELA 5- CONSUMO MENSAL DE ENERGIA DO AEROPORTO	69
TABELA 6 – DADOS ELÉTRICOS E FÍSICOS DO MÓDULO AVP72M.....	71
TABELA 7 – DADOS ELÉTRICOS E FÍSICOS DO INVERSOR SMC 11000TLRP-10.....	73
TABELA 8 – RESUMO DOS CÁLCULOS EFETUADOS.	80
TABELA 9 -VALORES DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO	82
TABELA 10- VALORES PARA O CÁLCULO DA SECÇÃO DO CABO AC	83
TABELA 11- CORRENTE MÁXIMA ADMISSÍVEL NOS CABOS ESCOLHIDOS	84
TABELA 12- FUSIVEL DE FILEIRA	84

Índice de Gráficos

GRÁFICO 1- MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO SOLAR MEDIDA EM SÃO VICENTE (MINDELO)	65
Gráfico 2- localização geográfica do aeroporto	66
GRÁFICO 3- CURVA DE CARGA ANUAL DA AEROPORTO.....	69
Grafico 4 – Módulo AVP72M.....	70
GRÁFICO 5 – CURVAS CARACTERÍSTICAS DO MÓDULO AVP72M EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.	71
GRAFICO 6 – CURVAS DE EFICIÊNCIA DO INVERSOR SMC 11000TLRP-10.	73

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AEE	Institute for Sustainable Technologies
A	Ampère
As	Arsénio
CIER	Congresso Internacional de Energias Renováveis
CRESESB	Centro de Referencia para Energia Solar e Eólica S.Bento
a-SiH	Silício Amorfo Hidrogenizado
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
°C	Celcius
CdTe	Telureto de Cadmio
C-Si	Silício Cristalino
CO₂	Dióxido de Carbono
DGEG	Direcção Nacional de Energia e Geologia
DoE	Department of Energy
Eg	Radiação Solar Global
Edir	Radiação Directa
Edif	Radiação Difusa
ev	Eléctron-volt
FV	Fotovoltaico
Gmed	Radiação Média
G	Irradiância nas condições STC
Ge	Germânio
H₂SO₄	Acido Sulfúrico
HPS	Horas de Sol Pleno
H₂O	Água
h	Horas
Hz	Hertz
I_{oc}	Corrente de Circuito Aberto
I_{sc}	Corrente de Curto-circuito
IR	Infravermelho
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
IP	Instituto de Pesquisas
IGBT's	Insulated Gate Bipolar Transistor
°K	Kelvin
K_{tm}	Coefficiente de Transparencia Atmosferica
Kw	Kilo Watt
MOSFET	Transístor de Efeito de Campo de Semicondutor de Óxido Metálico
MECC	Ministério da Economia Crescimento e competitividade
MED	Ministério da Educação e Desporto
MTIE	Ministério do Turismo, Industria e Energias
MW	Mega Watt
m	Metro
m²	Metro quadrado

mm	Milímetro
MWp	Mega Watt Pico
MPPT	Maximum Power Point Tracking
μm	Micrómetro
NASA	National Aeronautics and Space Administration
μm	Micrometro
NREL	National Renewable Energy Laboratory
SCR	Standard Conditions Radiations
Si	Silício
Se	Selénio
SCT	Standard Conditions Temperature
SFV	Sistema Fotovoltaico
SMES	Superconducting Magnetic Energy Storage
RELM	Residência Estudantil Leonel Madeira
TRIAC	Triode for Alternating Current
Tc	Temperatura de equilíbrio
TWh	Terra Watt-hora
Te	Telúrio
Oz	Ozônio
P	Fosforo
Pb	Chumbo
PbSO4	Sulfato de Chumbo
PbO2	Dióxido de Chumbo
PWM	Pulse with Modulation
PCH's	Pequenas Centrais Hidroelectricas
Q	Fluxo Energia Solar
Qp	Perdas
Qcc	Energia extraído de um corpo
UV	Ultravioleta
V	Volt
Vca	Tensão Corrente alternada
Vcc	Tensão Corrente Contínua
Voc	Tensão Circuito Aberto
W	Watt
ZDER	Zonas de Desenvolvimento de Energias Renováveis

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

A energia elétrica é tida como um setor fundamental para o crescimento e desenvolvimento de qualquer país. A Comissão Mundial sobre o Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, no relatório conhecido como “Nosso Futuro Comum”, refere que “ a energia é necessária para a sobrevivência diária. O desenvolvimento do futuro depende fundamentalmente da sua disponibilidade a longo prazo em quantidades crescentes de fontes que sejam confiáveis, segura e ambientalmente saudáveis” (ONU, 1987).

A satisfação das necessidades energéticas na atualidade está fortemente ligada ao consumo de combustíveis fósseis, com a agravante das necessidades continuarem a aumentar enquanto os recursos naturais não renováveis, se esgotam a um ritmo acelerado (Monteiro, 2012). Por outro lado, a dependência e o consumo de combustíveis fósseis tem graves impactos ambientais.

Segundo Alves et al. (1999), os pequenos estados e regiões insulares, como é o caso de Cabo Verde, enfrentam problemas especiais relacionados com o fornecimento de energia, devido ao isolamento, à indisponibilidade de fontes de energias convencionais nomeadamente em reservas de combustíveis fósseis, e à reduzida dimensão do mercado energético. Não obstante isto, os autores frisam a disponibilidade substancial de recursos energéticos renováveis ainda poucos explorados nesses países.

O parque electroprodutor de Cabo Verde é sustentado maioritariamente por centrais termoelétricas alimentadas por combustíveis fósseis (PERCV, 2011). Esta situação que faz com que a economia energética do país esteja fortemente dependente dos instáveis mercados petrolíferos, ficando, deste modo, sujeita as constantes oscilações do preço dos combustíveis nos mercados internacionais (PERCV, 2011).

O problema torna-se mais grave pelo fato de muitas ilhas de Cabo Verde serem dependentes de água dessalinizada (Brito, 2012), elemento que exige um processo de tratamento com alto consumo energético.

A publicação da Lei de Bases do Sistema elétrico de Cabo Verde (Decreto-Lei nº 14/2006), revogando o Decreto-Lei nº 54/99 de 30 Agosto, que estabelece as bases do sistema elétrico de Cabo Verde, dotou o país de um quadro legal moderno e que melhor se adapta aos novos paradigmas do setor energético mundial (ONU, 2012). Assegurar o fornecimento fiável de energia elétrica a um preço justo a todos os consumidores, bem

como, um maior e melhor aproveitamento dos recursos energéticos endógenos (recursos renováveis) para a produção de eletricidade, constituem objetivos fundamentais desse Decreto-Lei.

O quadro legal sobre os sistemas energéticos renováveis é reforçado com a publicação do Decreto-Lei nº 1/2011, de 3 de Janeiro, que estabelece as disposições relativas a promoção e incentivo à produção de energia elétrica a partir de fontes energias renováveis. A publicação desta lei visa dar um maior impulso ao setor das energias renováveis, criando um novo regime de licenciamento e exercício da atividade especificamente adaptado as energias renováveis, mas também uma série de outras questões importantes, como o planeamento territorial e o licenciamento ambiental, ligados a exploração das energias.

O aumento da produção de eletricidade através das fontes de energias renováveis (FER) está explícito nas políticas energéticas do governo de Cabo Verde a médio e longo prazo. Uma das grandes metas do governo de Cabo Verde é de, em 2020, o país ter uma penetração de 50% de energias renováveis (ECREEE, 2012).

Assim, é fundamental que países como Cabo Verde, que assentam numa economia frágil, fortemente dependente da ajuda e do investimento externo, procurem fontes energéticas alternativas, de modo a minorar a dependência do país e reduzir os avultados custos de importação de combustíveis fósseis.

Quantificar e desenvolver metodologias e tecnologias para o aproveitamento dos recursos energéticos endógenos, é essencial para o crescimento do aproveitamento das energias renováveis no país (MECC, 2008).

Neste contexto, a energia solar fotovoltaica apresenta grande relevância, a par das outras fontes renováveis de energia, porque de entre as várias vantagens dessa tecnologia destaque-se a sua quase neutralidade ofensiva ao ambiente, também vale relembrar que esta tecnologia pode ser implementada no mesmo local de consumo, ou seja produção descentralizada.

A energia solar fotovoltaica é a energia elétrica produzida a partir de luz solar, e hoje aparece como uma interessante opção para complementar a matriz energética Cabo-verdiana. A tecnologia que já é amplamente adotada nos países desenvolvidos finalmente ganha espaço no mercado Cabo-verdiano, tornando-se uma alternativa altamente viável para ser utilizada até mesmo no setor de grande geração de energia, como exemplo nos aeroportos.

Cabo Verde se apresenta como um dos países com maior potencial para se tornar um dos maiores usuários dos sistemas fotovoltaicos, tendo em vista a posição privilegiada em que se encontra no globo, recebendo uma incidência solar maior do que os países desenvolvidos.

Aeroportos em geral possuem um grande potencial para a instalação desse tipo de energia, pois são, na maioria das vezes, lugares providos de grandes edificações, ensolarados e livres de sombreamento (Braun et al., 2007). Como toda a edificação voltada a receber o público, os aeroportos devem oferecer conforto térmico para seus usuários. Para isso, faz-se uso de sistemas de ar condicionado. “Edifícios aeroportuários são exemplos de aplicação ideal de sistemas fotovoltaicos, onde picos de geração solar e consumo são muitas vezes coincidentes com a utilização de sistemas de ar refrigerado.” (BRAUN et. al., 2007, p. 161).

Neste trabalho, será proposto um projeto de geração fotovoltaica conectada à rede de energia elétrica para o referido aeroporto. O trabalho conta com um embasamento teórico, uma contextualização da situação energética atual e com o projeto fotovoltaico. Para a elaboração do projeto foram primeiramente analisados os dados de demanda de consumo histórico de energia elétrica, o projeto arquitetônico para a análise do sombreamento e a legislação vigente. Foram analisados também os custos do projeto e o tempo de retorno do investimento.

1.1– Objetivo

O objetivo geral do estudo é avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no aeroporto de São Vicente (Cesária Évora)

Para atingir o objetivo geral deste trabalho foram elaborados objetivos específicos conforme segue abaixo:

- Estudar procedimentos e normas voltados à conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica;
- Realizar simulações de sistemas fotovoltaicos através do software HOMER;
- Reduzir os gastos com a energia elétrica;
- Adquirir e melhorar os conhecimentos dos sistemas fotovoltaicos ligados à rede;
- Diminuir a poluição;
- Diminuir a dependência dos combustíveis fósseis vindos do exterior;
- Contribuir para a meta proposta pelo governo de Cabo Verde dos 50% de energias renováveis em 2020,
- Adquirir e melhorar os conhecimentos e a prática na produção, armazenamento, gestão e utilização de energia elétrica FV;
- Calcular e analisar a técnica e viabilidade econômica para a implantação do sistema fotovoltaico no aeroporto.

1.2 – Justificativa

O recurso às energias renováveis constitui uma solução para muitos problemas sociais associados ao consumo de combustíveis fósseis. O seu uso permite uma melhoria do nível de vida, em especial nos países sem reservas petrolíferas como Cabo Verde, diminuindo a sua dependência económica e reduzindo os impactos negativos resultantes da queima dos combustíveis fósseis. Como sabemos, os combustíveis fósseis são uma fonte de energia esgotável e suja, porque gera poluição e impactos ambientais. O homem desenvolveu novas tecnologias e técnicas de produção de energia, como por exemplo, a energia solar fotovoltaica. A energia solar é uma fonte renovável de longo prazo, não produz poluição do ar ou da água é uma energia limpa e a luz do sol é grátis. Esses motivos e o facto de os aeroportos serem um dos maiores consumidores do país, e possuírem vastas áreas disponíveis, sem sombreamento e com muita insolação levaram-me a escolher este projeto, para além do facto de, com a produção da energia solar ficaremos menos dependentes dos combustíveis fósseis.

Em Cabo Verde a forte insolação, resultante por um lado da sua posição geográfica e por outro lado da fraca nebulosidade. Promovendo uma intensiva perda de humidade pela evaporação, conduz a um rápido ensecamento dos solos, agravando as condições imediatas da vida do mundo vegetal e soltando a parte arável dos solos, que o vento vai transportando e que os primeiros aguaceiros da próxima época das chuvas transportarão facilmente para o mar. A única via para transformar essa agressão solar em riqueza é aproveitar-lhe a energia, que é enorme.

1.3 – Metodologia

A proposta do trabalho será constituída de pesquisa bibliográfica através da análise documental de livros e artigos científicos se pretende recolher informação necessária para avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no aeroporto de São Vicente (Cesária Évora).

Este trabalho será desenvolvido seguindo um planeamento sequencial de atividades conforme descrito abaixo:

1. Definição do local: nessa etapa foi definido o local do estudo como sendo o aeroporto internacional de São Vicente (Cesária Évora). Após definido o local, caracterizou-se o Aeroporto no intuito de apresentar as particularidades do empreendimento.
2. Levantamento do consumo: após a definição e caracterização do local, foi realizado um levantamento do consumo de cada instalação, através das faturas de energia elétrica da concessionária, durante o período de 12 meses,
3. Definição dos parâmetros dos sistemas: nessa etapa foi estabelecido a potência individual dos painéis a serem utilizados, o tipo de material empregado nos painéis, a energia gerada, a potência total do sistema, a quantidade de painéis fotovoltaicos, a área necessária para a instalação do sistema e o custo total de implantação.
4. Análise de viabilidade econômica: por fim, com todos os dados anteriores, foi realizado um estudo de viabilidade econômica com ajuda de uma simulação no software HOMER.

1.4 – Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo do trabalho aborda o contexto do trabalho, os objetivos gerais e específicos assim como a justificativa.

O capítulo 2 trata da teoria de sistemas fotovoltaicos, mostrando os elementos presentes, a formas de configuração que o sistema pode ter e aborda a energia renováveis nos aeroportos.

O terceiro capítulo apresenta os materiais a ser utilizados nas estruturas de um sistema fotovoltaico.

O capítulo 4 Apresenta legislação Cabo-verdiana para Microproduções.

O capítulo 5 refere-se aos softwares que elaboram simulações de sistemas solares fotovoltaicos, como por exemplo o PVsyst e o programa HOMER.

O sexto capítulo foi abordado o caso de estudo, onde primeiramente é uma breve história do aeroporto, sua localização, e condições de radiação.

Seguiu-se com o levantamento da demanda bem como características da instalação elétrica.

A seguir foi feita caracterização e o dimensionamento do sistema fotovoltaico manualmente, ao ultrapassar essa fase o dimensionamento é feito com base num software, finalmente a comparação dos resultados entre os dois métodos.

O sétimo e último capítulo, apresenta as conclusões obtidas com os processos do trabalho.

CAPÍTULO II- ESTADO DA ARTE

Este capítulo aborda os principais fundamentos teóricos estrutura e as características do sol, da tecnologia fotovoltaica e energia fotovoltaica em aeroportos.

2.1- Energia Solar

O Sol é a principal estrela do sistema Solar. Por possuir massa e energia muito maiores que as dos demais planetas do sistema, ele faz com que todos os outros corpos girem ao seu redor devido ao forte campo magnético que possui.

A luz visível produzida pelo Sol é proveniente de elétrons que reagem com átomos de hidrogênio. De acordo com dados da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA,2016), para cada metro quadrado de superfície da Terra diretamente exposta ao Sol, são depositados aproximadamente 1368 Joules de energia a cada segundo. No entanto, tal energia é em parte dissipada antes de chegar na superfície terrestre pela atmosfera, e um dos desafios da atualidade é descobrir como utilizar tal potencial energético a nosso favor, seja armazenando, produzindo calor ou energia elétrica.

2.1.1- Conceitos

A radiação solar é um tipo de radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000km/s que ocupa uma faixa espectral de 0,1 μ m a 5 μ m, podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares. (CRESESB,2006).

Na superfície terrestre, a radiação solar chega de duas maneiras: como radiação direta, que é aquela que vem diretamente do Sol sem sofrer nenhum tipo de desvio devido à reflexão e difusão, ou como radiação difusa, que chega à Terra depois de passar por mudanças em sua direção após passar pela atmosfera. Além disso, se a superfície que recebe os raios solares estiver inclinada em relação à horizontal, parte da radiação poderá ser refletida pelo ambiente. O coeficiente de reflexão destas superfícies é denominado albedo (CRESESB,2006).

A energia que determinado local da Terra recebe do Sol varia devido à alternância entre dias e noites, entre estações do ano e devido à mudanças climáticas como períodos chuvosos e nublados. Portanto, são vários os fatores que influenciam a quantidade de

energia solar recebida por determinada região, o que dificulta a dependência apenas na energia solar como fonte energética, levando em conta a tecnologia existente.

2.1.2- Energia Solar Térmica

A energia solar térmica é uma forma de utilizar a energia proveniente do Sol como calor. Existem diversas aplicações para este tipo de energia, desde o uso do calor do Sol para aquecimento de água para uso doméstico e em piscinas, até em grandes usinas que utilizam a energia do Sol para concentrar calor em uma torre, gerando vapor e assim produzindo energia.

Coletores solares são uma espécie de trocadores de calor que absorvem a energia do Sol como temperatura, que é transferida para um fluido que passa pelo coletor (KALOGIROU,2004). O fluido de trabalho neste caso varia de acordo com o tipo de painel utilizado. Geralmente são utilizados água, óleo, ar ou misturas

2.1.3- Energia Solar Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é um tipo de tecnologia que gera corrente contínua a partir de semicondutores quando estes são iluminados por fótons. Enquanto houver luz iluminando a célula solar, ela produzirá energia elétrica (MME,2008). Tal geração de energia é explicada pelo efeito fotovoltaico.

A conversão de fótons em energia foi descoberta pelo cientista francês Edmond Becquerel em 1839, que observou que quando há incidência de luz em um eletrodo mergulhado em uma solução eletrolítica, há geração de energia elétrica. No entanto, apenas em 1954 cientistas conseguiram desenvolver o primeiro protótipo de célula fotovoltaica, capaz de converter luz em eletricidade suficiente para alimentar equipamentos elétricos (MME,2008). Entre as décadas de 1950 e 1970, iniciaram-se pesquisas intensivas na área, especialmente para aplicações espaciais. No entanto, a maior mudança foi produzida a partir dos anos 1970, motivada principalmente pela crise energética internacional, o que promoveu a pesquisa e o desenvolvimento da energia fotovoltaica como fonte energética (ONUDI,2013).

Uma típica célula solar possui como material base o silício, um metal semicondutor que possui quatro elétrons que se ligam aos elétrons dos átomos vizinhos, e que assim formam uma rede cristalina. Quando exposta a fótons, ocorrerá na célula a geração de pares elétron-lacuna, que geram uma corrente elétrica através da junção. Se as duas extremidades da célula forem conectadas por um fio, haverá circulação de elétrons (CRESESB, 2006).

Existem diversos tipos de células que convertem a energia do Sol em energia elétrica. No entanto, as mais utilizadas e comercializadas atualmente são as de silício monocristalino e as de silício policristalino. Estas, quando agrupadas em série formam um módulo fotovoltaico. A quantidade de células por módulo varia de acordo com a potência elétrica da placa, e com o fabricante.

Basicamente, os painéis fotovoltaicos são compostos por uma camada de vidro temperado com camada anti refletora para dar resistência ao painel, para protegê-lo e para aumentar sua eficiência térmica, seguido por uma camada de Etileno-Vinil-Acetato (EVA), um material plástico utilizado para proteger a camada que vem a seguir que são as células de silício. Outra camada de EVA vem após a camada de silício, seguido por uma camada de Tedlar- polietileno tereftalato, que formam um plástico que tem função de ser uma barreira contra umidade, e para finalizar, uma camada de alumínio para isolar a placa e dar rigidez. Os módulos geralmente são revestidos por uma moldura de alumínio para dar resistência e proteger o painel (ARCURI; REDA; SIMONE,2014).

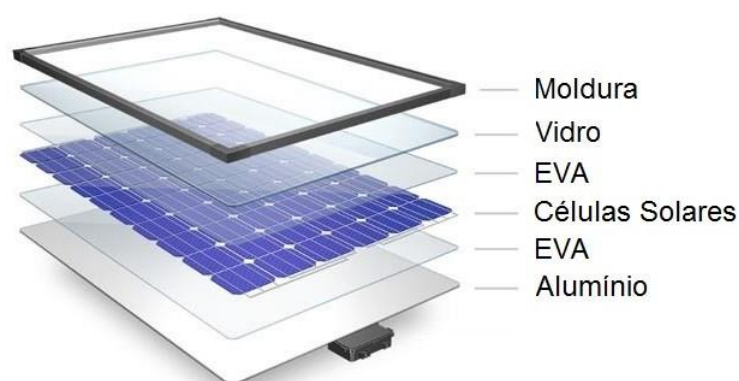


FIGURA 1- CAMADAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTACICO

[FONTE: ADAPTADO DE WEALTH DAILY]

2.2- SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Benedito (2009, p. 26) afirma que “Os sistemas fotovoltaicos formam um conjunto de equipamentos cujo objetivo é a conversão da radiação solar em energia elétrica, além de disponibilizá-la para uso instantâneo ou armazená-la para uso posterior”. Há duas categorias principais dos sistemas fotovoltaicos, que são: sistemas isolados ou conectados à rede. Nos tópicos a seguir serão descritas as principais categorias dos sistemas fotovoltaicos.

2.2.1- Sistemas Isolados

O sistema isolado ou autônomo, FIGURA 2, se caracteriza por não estar conectado à rede elétrica convencional. É utilizado como alternativa para alimentar cargas que operam em localidades remotas ou de difícil acesso, onde não ocorre o fornecimento de energia elétrica através da rede de distribuição. Este sistema pode ser com acumulador de energia ou não, dependendo da necessidade e do fim que a carga será utilizada.

Os sistemas sem armazenamento de energia operam enquanto há presença do sol. Por este motivo, é interessante o uso de sistemas com acumuladores, porque nem sempre o consumo da energia será feito no momento em que esta é produzida. E pode acontecer em alguns períodos, de acordo com o nível de insolação do dia e/ou época, de a quantidade de energia produzida no momento não ser suficiente para atender a demanda do sistema.

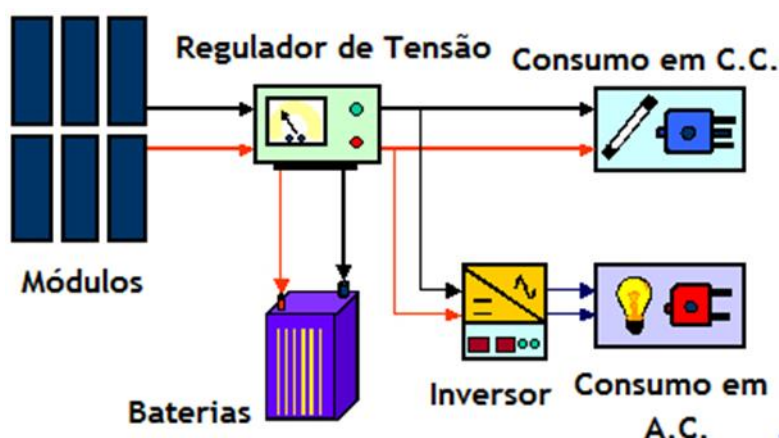


FIGURA 2- MODELO GERAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

[FONTE: ADAPTADO DE UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DE ANDALUCIA (UNIA) 2014]

2.2.2- Sistemas Conectados à Rede

Nos sistemas conectados à rede pública, FIGURA 3, não é necessário à utilização de banco de bateria. Toda a energia gerada é injetada diretamente na rede. Esse tipo de instalação já é utilizado amplamente em prédios públicos, escolas, empresas e também em edificações residenciais, nos países desenvolvidos, como Alemanha, Estados Unidos, Espanha e Japão. Cada um desses países possui suas próprias regulamentações que incentivam a utilização deste sistema. O objetivo principal da utilização desses sistemas é reduzir a emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa gerados pela queima dos combustíveis fósseis contribuindo também com a matriz elétrica do país (PINHO & GALDINO, 2014).

A energia excedente gerada, caso exista, é destinada a rede pública podendo ser utilizada por outros consumidores. Em situações em que a energia gerada não for o suficiente para que as necessidades da edificação sejam atendidas, ocorrerá a utilização da energia das redes públicas. Por não haver a necessidade de linhas de transmissão, sistemas desta natureza aplicados a edificações evitam perdas de energia nestas linhas. Em casos em que as plantas são centralizadas, as linhas de transmissão transportam a energia gerada até os consumidores, ocorrendo assim desperdícios energéticos. (LAMBERTS et al., 2010)

Contudo, como aeroportos são grandes consumidores, a energia gerada frequentemente é utilizada em sua totalidade no próprio local, não sendo injetada nenhuma parcela na rede da concessionária.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos estão mais difundidos em aplicações em sítios aeroportuários quando comparada as outras alternativas de geração solar. Em termos de geração de energia elétrica, quando comparado ao sistema de concentrador solar, os sistemas fotovoltaicos possuem uma capacidade superior de atendimento a qualquer tipo de demanda, podendo ser instalados integrado às edificações ou montadas em estruturas no solo. O sistema fotovoltaico tem característica de absorver a luz solar (ao invés de refletir, como o concentrador solar), diminuindo assim o impacto da reflexão da luz (ASSUNÇÃO, 2014).

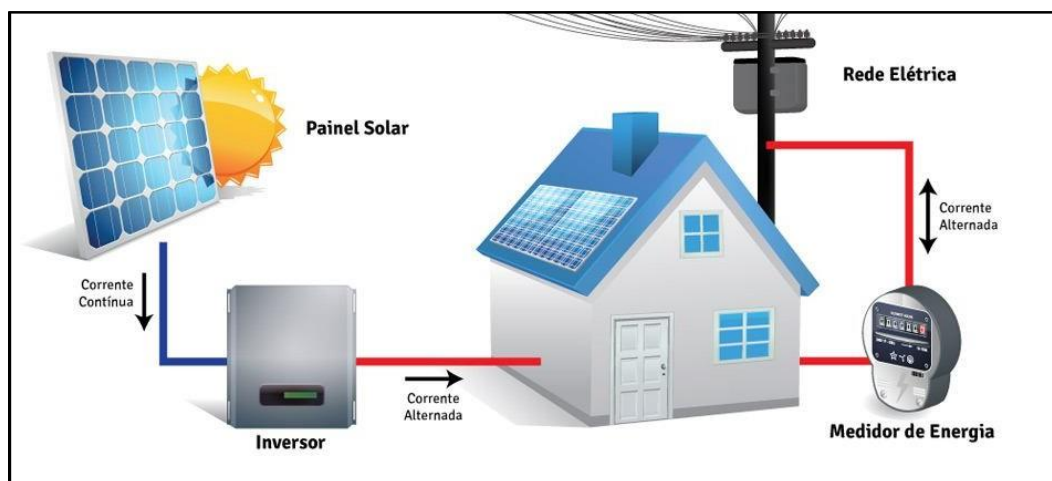


FIGURA 3– ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA

[FONTE: REAL SOLAR (2017)]

2.2.3- Sistemas Híbridos

Existem também os sistemas híbridos, FIGURA 4, porém estes são mais complexos, por necessitar de um controle capaz de integrar diferentes formas de geração ao mesmo circuito. A geração fotovoltaica pode funcionar em conjunto com geradores eólicos ou diesel, por exemplo, e ainda, serem isolados ou conectados à rede elétrica e são interessantes por não dependerem de uma única fonte de geração de energia, sendo chamados também de sistemas mistos (AMÉRICA DO SOL, 2012).

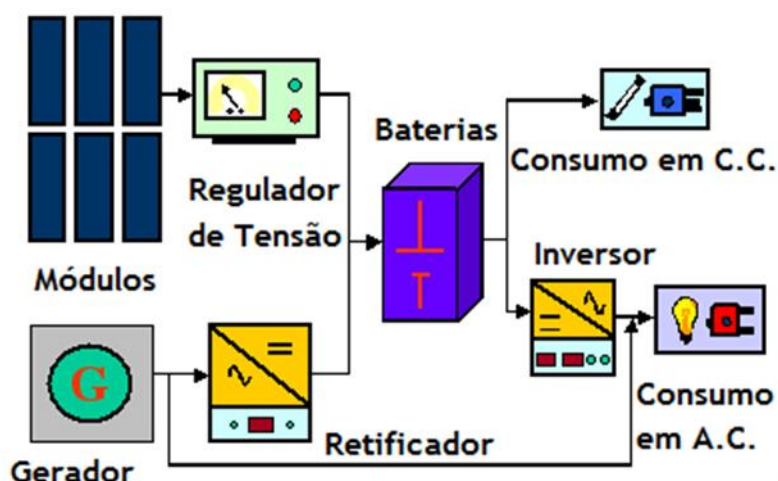


FIGURA 4– MODELO GERAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO

(FONTE: ADAPTADO DE UNIVERSIDADE INTERNACIONAL DE ANDALUCIA (UNIA) 2014]

2.3- Principais componentes do sistema fotovoltaico

Aqui serão apresentados e explicados todos os componentes necessários para a instalação do sistema, tanto conectados, quanto isolados, e também serão feitas considerações de projeto.

2.3.1- Células e módulos fotovoltaicos

Segundo a NBR 5410 (2012), o módulo fotovoltaico é uma unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o fim de gerar energia elétrica. Como ilustrado na FIGURA 5, tem-se o símbolo que representa um circuito equivalente para um módulo fotovoltaico.



FIGURA 5- REPRESENTAÇÃO DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

[FONTE: NBR 10899].

A célula fotovoltaica foi descoberta pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, quando notou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de matéria semicondutora devido à incidência de luz. Assim, são necessárias 10, 50, ou 100 células (FIGURA 6) interligados em série para montar um painel fotovoltaico (módulos fotovoltaicos), as quais são interligadas em conjunto a fim de se obter níveis de tensão e corrente de projeto (MESF, 2016).

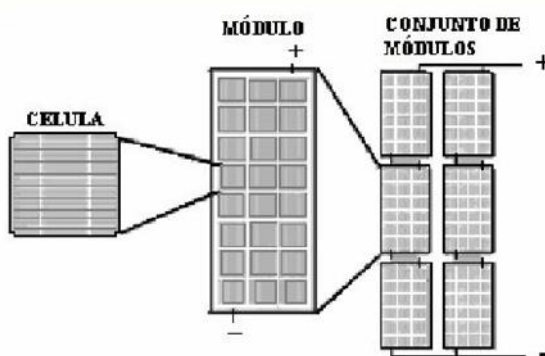


FIGURA 6 – HIERARQUIA FOTOVOLTAICA

[FONTE: LEVA, SALERNO, CAMINHO, 2004].

Em relação aos materiais e tecnologias existentes, as mais difundida e utilizadas são as células de silício cristalino que correspondem a aproximadamente 85% do mercado mundial.

Para dimensionar o painel, será necessário escolher a tecnologia (mono, poli thin- film, etc.), a área disponível para instalação, o tipo de superfície, durabilidade e estabilidade desejada. Tais opções implicam diretamente na aplicação desejada, seu custo e benefício. Além disso, deve-se atentar às correntes e tensão dos painéis, já que não podem ter essas características diferentes, sendo, então, aconselhável que tenham características semelhantes.

Outrora, um fato importante em relação à tensão do painel é que para sistemas off- grid tensões acima da nominal da bateria serão um fator de ineficiência, pois o controlador de carga não permitirá que essa tensão elevada passe para a bateria. Todavia, no sistema on-grid são recomendadas tensões maiores.

Em relação à instalação dos painéis, eles devem ser direcionados para o norte geográfico, ou seja, para localidades que estão no hemisfério sul do nosso planeta e o local deve ser seguro, evitando-se o acesso de animais e pessoas, evitando instalar onde haja sombreamento, mesmo que durante parte do dia, pois causa perdas de eficiência e até a deterioração acentuada de células, mas também deve ser instalado o mais próximo do centro consumidor.

2.3.1.1- Funcionamento físico: Efeito Fotovoltaico

A maioria das placas são fabricadas com silício, material semicondutor, que normalmente é obtido através da areia por métodos adequados de tratamento. O cristal de silício puro é um mal condutor, portanto, devem ser acrescentadas percentagens de outros materiais através de um método que se denomina dopagem.

Por seus átomos possuírem quatro elétrons na camada de valência, quando adicionado átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, haverá um elétron em excesso que não será emparelhado e ficará fracamente ligado ao seu átomo de origem. Desse modo, pouca energia térmica faz com que este elétron livre vá para a banda de condução. Então, diz-se que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante N.

Entretanto, no silício tipo P, se o átomo introduzido tiver apenas três elétrons na camada de valência, como o boro, haverá falta de elétrons nas ligações com os átomos de silício. Essa situação caracteriza um buraco ou lacuna, e, devido a isso, com pouca energia térmica um elétron de um local vizinho pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se preencha.

Outro fato necessário a ser ressaltado é que cada célula solar compõe-se de camada de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P, separadamente, ambas as partes são eletricamente neutras. Contudo, ao serem unidas na junção PN forma-se um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo N que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P.

Assim, se a junção PN for exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna. Entretanto, se isto ocorrer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando, assim, uma corrente através da junção. Então, devido a este deslocamento de cargas origina-se uma diferença de potencial, o qual é denominado Efeito Fotovoltaico. Em sequência, por meio de um condutor inserido nos terminais da célula, gera-se um fluxo de elétrons, e, enquanto a luz incidir na célula, o fluxo irá se manter e cada célula gerará uma tensão em média de 0,4 a 0,5 V. Todavia, resalta-se que a célula não armazena energia ela apenas mantém o fluxo de elétrons enquanto houver luz e esse é diretamente proporcional à incidência daquela, conforme mostrado na FIGURA 7.

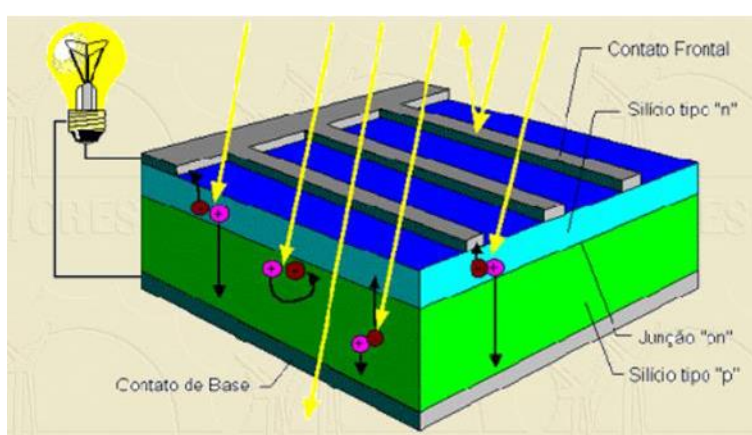


FIGURA 7 – ESTRUTURA DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA

[FONTE: BLUESOL EDUCACIONAL].

2.3.2- Inversores

A tensão produzida pelos módulos fotovoltaicos, durante todo o processo de conversão de energia solar em elétrica, é do tipo contínua. Devido a este fato, na maioria dos casos, o consumo de energia e seus usos finais são extremamente limitados, pois o mercado de equipamentos alimentados com corrente contínua é limitado.

O inversor solar é o responsável, basicamente, por estabelecer a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede ou a carga. Seu papel mais importante consiste em converter o sinal elétrico CC do arranjo fotovoltaico em um sinal elétrico CA, e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está ligado.

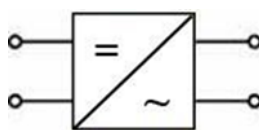


FIGURA 8- SÍMBOLO ELÉTRICO DE UM INVERSOR.

O símbolo indicado na FIGURA 8 é usado para indicar um inversor. O inversor também é chamado de conversor CC-CA.

Os inversores, em geral, possuem todas as proteções necessárias para o bom funcionamento do SF.

Basicamente, existem dois tipos de inversores: os inversores de rede que são ligados à rede elétrica e os inversores autônomos. Os inversores de rede são também chamados de inversores grid-tie. Dar-se-á mais importância ao inversor grid-tie, pois este será usado no projeto.

O inversor grid-tie transfere a energia produzida diretamente ao quadro de distribuição de força do local para ser utilizada pela carga. Na presença de luz solar a energia produzida será injetada e utilizada, caso essa energia não seja suficiente para alimentar toda a carga será retirada energia da rede. Caso sobre energia dos painéis fotovoltaicos, essa energia excedente será injetada na rede. Durante a noite, o sistema necessitará da rede para se alimentar, pois os painéis não produzirão energia. Todo esse processo é feito

pelo inversor automaticamente, sem a intervenção do usuário. Um exemplo de um inversor grid-tie e o inversor PHB4600-SS da FIGURA 9.



FIGURA 9 – INVERSOR PHB4600-SS.

[FONTE: PHB SOLAR (2016)].

As principais funções do inversor grid-tie são:

- Conversão CC/CA;
- Desconexão automática e manual da rede;
- MPPT (maximum power point tracker);
- Registro de dados operacionais;
- Dispositivos de proteção CA e CC (anti-ilhamento, proteção de sobrecarga e sobretensão, etc.).

2.3.3- Medidor Bidirecional

Para uma instalação dos painéis solares conectados à rede é necessária solicitar à concessionária a troca do medidor convencional para um modelo com leitura bidirecional, o qual registra a energia recebida da distribuidora e a energia solar que é injetada na rede elétrica, de forma a garantir a compensação de créditos de energia na conta de luz. Assim, para dimensionamento do medidor, deve ser levado em conta aspectos como correntes máxima e nominal, tensão nominal, potência, número de fases, entre outros.

2.3.4- Controlador de Carga

Os reguladores de carga estão presentes nas instalações autônomas e têm por função proteger a bateria de sobrecargas e descarga profundas, potenciando a vida útil da bateria. Estes funcionam por controle de tensão medida nos terminais da bateria.

Numa fase inicial, o regulador permite que toda a corrente produzida passa para a bateria, carregando-a. À medida que a bateria carregando e se aproxima do seu estado final de carga, o regulador apenas permite a passagem de corrente de forma intermitente de modo a manter a bateria num estado de flutuação. Dependendo do tipo de reguladores, estes podem sobrecarregar as baterias, periodicamente, de modo a homogeneizar todas as células e a diminuir a estratificação do eletrólito.

Dependendo do modo como são instalados os reguladores, estes podem ser classificados segundo duas categorias, os reguladores em série e em paralelo.

O princípio de funcionamento dos reguladores em série é um relé ou semicondutor de potência (transístor) que se coloca em série entre o campo gerador e a bateria. Este relé interrompe o caminho entre o gerador e a bateria quando se alcança a tensão limite de carga.

O regulador em paralelo funciona por dissipação do excesso de energia através de um transístor, colocado em paralelo com o gerador e com o sistema de baterias. Quando a tensão aos bornes da bateria atinge o valor de tensão de sobrecarga, o regulador deriva parte da corrente que chega a bateria ao invés de a interromper, como no caso do regulador em série, deixando apenas passar a corrente necessária para evitar a auto descarga da bateria.

2.3.5- Bateria

As baterias são muito utilizadas em sistemas fotovoltaicos porque o consumo e a produção da energia normalmente não acontecem simultaneamente. Além disto, a geração de energia varia de acordo com o horário ou época do ano porque existe variação de incidência dos raios solares e ainda, há o problema de consumo no horário em que não existe luz natural. Por exemplo, quando utilizamos este sistema para alimentar uma carga

de iluminação há um descompasso notável entre a produção e o consumo, porque a energia elétrica é gerada quando existe luz natural, momento no qual é desnecessário utilizar iluminação artificial.

Desta forma, a energia deve ser armazenada para que a iluminação artificial seja acionada durante a noite, no momento em que não há mais iluminação natural e portanto, não existe possibilidade de produção de energia através dos painéis solares. Para solucionar a divergência entre oferta e demanda de energia, são utilizados bancos de baterias como forma de acumular energia elétrica.

As baterias promovem a estabilização da corrente e da tensão quando estão alimentando uma carga e conseguem suprimir transitórios que acontecem no momento da geração de energia. Outra característica interessante, é que a bateria consegue fornecer uma corrente superior a gerada pelo dispositivo fotovoltaico. As baterias são chamadas também de acumuladores eletroquímicos porque estes transformam energia elétrica em energia potencial química para o armazenamento e quando necessitam utilizar esta energia a transformam normalmente em energia elétrica. Elas podem ser classificadas em duas categorias que são primárias e secundárias. As baterias primárias são aquelas que tem um único ciclo de carga e descarga, não sendo possível realizar a recarga. Por outro lado, as baterias secundárias podem ser recarregadas mais de uma vez porque estas apresentam como característica a recuperação dos reagentes presentes na composição química dos acumuladores, através da aplicação de uma corrente elétrica nos terminais de forma a reverter as reações químicas. Nos sistemas fotovoltaicos, são utilizados acumuladores secundários e a escolha adequada do tipo de bateria utilizada é essencial para o funcionamento correto do arranjo fotovoltaico (CRESESB 2006).

2.4- Premissas e Legislação

Para proceder com a implantação de um sistema fotovoltaico em aeroportos devem ser analisados diversos requisitos, sendo esses necessários para assegurar que não haja nenhum impacto sobre a navegabilidade área e o controle do espaço aéreo no sítio aeroportuário e em seu entorno.

2.4.1- Reflexibilidade dos Módulos

Os painéis FV são caracteristicamente fabricados para absorver a maior quantidade de luz possível incidente. Assim, os painéis atuais refletem apenas 2% da luz solar incidente, dependendo do ângulo do sol e assumindo que estes usam revestimentos anti-reflexivos (PLANTE et al., 2010).

Mesmo assim, a RPS Planning & Development, no interesse da implementação destes sistemas em aeroportos, encomendou à Spaven Consulting, um trabalho no sentido de identificar os possíveis problemas de refletividade para os pilotos. Para análise, eles conferiram todos os relatos de refletividade entre os anos de 2010 e 2011 nos bancos de dados da UK Aircraft Accident Investigation Board (AAIB) do Reino Unido e do US National Transportation Safety Board (NTSB) Americano, ambas as organizações são responsáveis pelas investigações de acidentes e incidentes aeronáuticos em seus países. Em ambos os casos não foram encontrados nenhum relato de refletividade associado às instalações FV (SPAVEN, 2011). O relatório da Spaven Consulting ainda observa que, devido à sua pouca reflexão, é improvável que os sistemas solares “a caminho” de um aeroporto causem problemas de refletividade. Além disso, porque o nariz de uma aeronave comercial está inclinado ligeiramente para cima antes da aterrissagem, é mais provável que qualquer refletividade incida na parte inferior do avião do que na sua cabine.

Durante a fase de projeto, deve-se verificar a localização do sistema FV de modo a avaliar o nível de influência (duração e intensidade) da reflexão dos módulos, visando garantir a segurança do voo. A FIGURA 10 apresenta um comparativo de reflexão da luz incidentes em superfícies geralmente presentes em sítios aeroportuários.

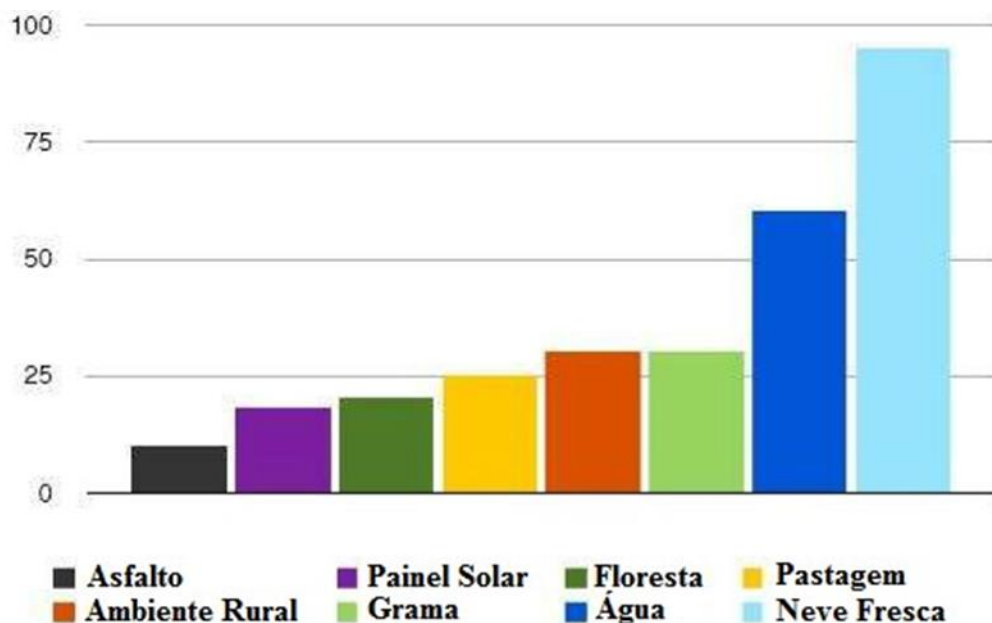


FIGURA 10 – COMPARATIVO DE REFLEXÃO DA LUZ EM DIVERSAS SUPERFÍCIES

[FONTE: SOLAR CHOICE (2013)].

2.4.2- Interferência nos Sistemas de Comunicação

Estudos para determinar a localização de geradores fotovoltaicos devem identificar a localização das instalações de transmissão e recepção de radar para excluir espaços inadequados devido ao seu potencial para bloquear, refletir ou perturbar os sinais. No entanto, devido à sua baixa altura, os sistemas fotovoltaicos apresentam pouco risco. Além disso, esses sistemas não emitem ondas eletromagnéticas em distâncias que poderiam causar interferência.

2.6- SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS NO MUNDO

No relatório Aviation Climate Solutions (ATAG, 2015), a Air Transport Action Group, identificou cerca de 100 aeroportos ao redor do mundo que possuem sistemas FV instalados ou em projeto (Figura 11). No relatório, (ATAG, 2015) cita que o Cochin International Airport na Índia é o primeiro aeroporto no mundo a ser totalmente alimentado por energia solar com sistemas de painéis FV, além de informar que: “The Airports Authority of India plans to generate 50 megawatts from solar plants at 30 airports by the end of 2015” (ATAG, 2015). Desde sistemas pequenos como o do Singapore's Changi Airport de 250 kW, até sistemas de 12,5 MW como o do Indianapolis

2.6.2- Aeroporto Internacional de Düsseldorf (Alemanha)

O Aeroporto Internacional de Düsseldorf, na Alemanha, implantou uma usina fotovoltaica de 8.400 módulos com capacidade de gerar 2 MW de energia por ano, capaz de abastecer 600 residências com 4 pessoas na cidade de Düsseldorf (PERRY, 2011).



FIGURA 13 – MÓDULOS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE DUSSELDORF, NA ALEMANHA.

[FONTE: PERRY (2017)].

2.6.3- Aeroporto de Thunder Bay (Canadá)

O Aeroporto de Thunder Bay, no Canadá, implementou a instalação de 36.660 módulos que, segundo Naoumov (2012), é capaz de gerar energia renovável para atender 15.000 residências em 20 anos e evitar a emissão de 7.500 toneladas de carbono por ano.



FIGURA 14 – MÓDULOS INSTALADOS NO AEROPORTO DE THUNDER BAY, NO CANADÁ.

[FONTE: PARKINSON (2013)].

3.6.4- Aeroporto Internacional de Denver (EUA)

Conforme ressalta Proctor (2014), o Aeroporto Internacional de Denver, ou Denver International Airport, possui quatro sistemas fotovoltaicos que totalizam 42.358 módulos espalhados por 222.577 m² de área. Tais sistemas podem gerar energia para atender a demanda de, aproximadamente, 2.600 casas típicas de Denver por ano e, também, evitam a emissão de 11.465 toneladas de gases de efeito estufa no mesmo período.



FIGURA 15 – PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE DENVER, NOS ESTADOS UNIDOS.

[FONTE: U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (2015)].

2.6.5- Aeroporto Internacional de Cibao (República Dominicana)

O Aeroporto Internacional de Cibao, na República Dominicana, é equipado com um sistema fotovoltaico constituído de 5.880 módulos que, segundo Hall (2013), geram 193.000 kWh por mês, correspondendo a metade da demanda energética do Aeroporto.



FIGURA 16 – PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE CIBAO, NA REPÚBLICA DOMINICANA.

[FONTE: BUSINESS WIRE (2013)].

2.6.6- Aeroporto Internacional de Cochin (Índia)

Conforme destaca Menon (2015), após instalar um projeto piloto de 400 módulos fotovoltaicos em uma cobertura, o Aeroporto Internacional de Cochin, na Índia, implantou uma usina de 46.150 módulos em uma área de 182.109 m² próximo ao terminal de carga, tornando- se em 2015, o primeiro aeroporto no mundo funcionando completamente através de energia solar, sendo, portanto, autossuficiente em energia.



FIGURA 17- PAINÉIS INSTALADOS NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE COCHIN, NA ÍNDIA.

[FONTE: MENON (2015)].

Devido às grandes diferenças de utilização de energia entre os aeroportos, deve ser feito um estudo individual para se saber a viabilidade de implantação de um SFCR em cada aeroporto, pois cada localidade possui requisitos específicos, tais como consumo de energia, área disponível para implantação do sistema, condições climáticas, etc. A energia consumida pelos aeroportos pode variar muito de ano a ano, mês a mês, em função da variação do número de passageiros e ampliação de novas instalações, pois alguns aeroportos estão crescendo mais rapidamente do que a economia como um todo.

Um fator que influencia a viabilidade de instalação de um SFCR em um terminal aeroportuário é o tráfego de passageiros que passa por ele. Nos grandes aeroportos, o tráfego de passageiros possui uma tendência maior a ser constante; logo, seu consumo de energia também tende para uma constante.

No caso de aeroportos onde o fluxo de passageiros é menor, devido à influência da sazonalidade do turismo de região para região, observam-se grandes oscilações com relação ao fluxo de passageiros por eles. Logo, em épocas em que o fluxo de passageiros é menor, o seu consumo elétrico também o é.

Quando o fluxo de passageiros é menor, dependendo da localidade, o SFCR pode suprir o consumo de energia do terminal aeroportuário sem a contribuição da rede elétrica.

Com isso, os pequenos aeroportos, que possuem um grande período de tempo entre as altas estações, podem se beneficiar muito mais de um SFCR do que os grandes aeroportos.

A implantação da tecnologia de energia fotovoltaica em aeroportos é de grande importância para a divulgação da mesma e para a ampliação e modernização dos terminais aeroportuários, visto que, pelo aeroporto passam muitas pessoas formadoras de opinião e tomadores de decisão, e há também um crescente número de passageiros, pois o avião é o 2º meio de transporte mais utilizado no mundo.

CAPITULO III- MATERIAL A SER UTILIZADO NA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA O SISTEMA

A escolha do material para a estrutura de suporte do sistema fotovoltaico demonstra ser um ponto crucial no projeto, visto que uma série de cuidados deve ser levado em conta para que seja feito de maneira mais profissional e segura possível, gerando assim uma maior durabilidade e resistência do sistema.

As estruturas são tão importantes quanto os módulos fotovoltaicos, porque o mau funcionamento dos suportes faz cair por terra o investimento na tecnologia limpa da energia solar.

Segundo Mascarenhas (2015) os materiais mais utilizados nas estruturas de sistemas fotovoltaicos são:

Material	Local de instalação	Proteção anti corrosão	Desempenho mecânico
Ferro galvanizado	Solo, terraços ou coberturas resistentes	8 anos (em ambiente com pouca salinidade)	Bom
Ferro galvanizado a quente	Solo, terraços ou coberturas resistentes	Mais de 25 anos	Bom
Alumínio	Solo, terraços ou coberturas pouco resistentes ou resistentes	Mais de 20 anos	Muito Bom
Aço	Solo, terraços ou coberturas resistentes	Mais de 25 anos	Muito Bom

TABELA 1- MATÉRIAS MAIS UTILIZADOS NAS ESTRUTURAS DE S. F.

[ADAPTADO DE (MASCARENHAS, 2015)]

Primeiramente de acordo com Brunetti & Scheid (2004) a galvanização é o processo de aplicação de uma camada protetora de Zinco ou ligas de Zinco a uma superfície de aço ou ferro de modo a evitar a corrosão destes.

- Ferro galvanizado - é material de ferro que foi revestido com uma camada de zinco para ajudar o metal a resistir à corrosão.
- Ferro galvanizado a quente – Galvanização por imersão a quente no inglês (Hot-dip Galvanizing ou HDG) no qual as peças ou estruturas são mergulhadas num banho de zinco fundido.

Quando o metal necessita ser utilizado em um ambiente em que a corrosão é provavelmente um fator que deverá acontecer, muitas vezes, a galvanização do material pode ser a solução para que a peça ou produto acabado seja capaz de suportar as condições climáticas do ambiente de instalação.

Segundo Brunetti & Scheid (2004) mesmo com a galvanização, no entanto, a corrosão acabará por ocorrer, especialmente se as condições encontradas forem ácidas, podem corroer o zinco ao longo do tempo, criando manchas onde provavelmente poderá ocorrer a corrosão.

A corrosão pode também ocorrer quando o revestimento é penetrado, como por exemplo, quando alguém coloca um prego através de uma folha de ferro galvanizado, expondo o interior do material a outros elementos. Uma vez iniciada a corrosão, esta pode se espalhar sob todo o zinco, o que naturalmente irá ocasionar a falha de toda a operação realizada.

- Alumínio - É um metal leve, macio e resistente. Possui um aspeto cinza prateado e fosco, devido à fina camada de óxidos que se forma rapidamente quando exposto ao ar. O alumínio não é tóxico como metal, não-magnético, e não cria faíscas quando exposto a atrito. Está presente numa grande diversidade de indústrias e segmentos devido às suas propriedades. (Zolin 2011)
- Aço - É uma liga metálica formada principalmente de ferro e carbono, possui maior aplicação que o próprio ferro e pode ser usado para produzir outras ligas, atualmente a mais importante liga metálica, sendo empregue de forma intensiva em numerosas aplicações tais como máquinas, ferramentas, e em construção. (Fernandes 2016)

Considerando a agressividade do ambiente em Cabo Verde, humidade relativa elevada e ainda salinidade elevada em algumas localidades, fatores estes não desprezáveis e que deverão ser levados em conta quando se avalia a viabilidade económica dos diferentes materiais dos suportes.

Não foi possível encontrar bibliografia no que se refere ao estudo dos materiais, que melhor se adaptam ao clima de Cabo Verde, para a construção da estrutura de suporte de um seguidor solar.

Optou-se pelo estudo dos materiais utilizados nas estruturas de suporte fixas instaladas em São Vicente.

Como se pode observar na tabela 2, estruturas de suporte instaladas em São Vicente a mais de vinte (20) anos:

Localização	Data instalação	Material de suporte	Tipo de manutenção	Período de manutenção	Estado de conservação
S.Pedro-(S.Vicente)	1990	Ferro galvanizado	Pintura em alumínio	2 Em 2 anos	Bom estado
Baía das Gatas-(S. Vicente)	1996	Fibra de vidro	----	Sem manutenção	Bom estado

TABELA 2: SUPORTE INSTALADAS EM SÃO VICENTE A MAIS DE 20 ANOS

[ADAPTADO DE (MASCARENHAS, 2015)]

3.1-Ferro galvanizado

De acordo com Mascarenhas (2015) o ferro galvanizado é utilizada em alguns faróis como por exemplo o Farol de São Pedro em São Vicente, local em que a humidade, salinidade e a corrosão são elevadas, daí que os suportes costumam ser pintados com tinta de alumínio de dois em dois anos.



FIGURA 18- SUPORTES DE FERRO GALVANIZADO NO FAROL DE SÃO PEDRO

[FONTE: (MASCARENHAS, 2015)]

3.2-Fibra de vidro

Material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro altamente flexíveis adicionados à resina poliéster. Tem alta resistência à tração, flexão e impacto, sendo muito empregado em aplicações estruturais. É leve e não conduz corrente elétrica, sendo utilizado também como isolante estrutural.

Permite ampla flexibilidade de projeto, possibilitando a moldagem de peças complexas, grandes ou pequenas, sem emendas e com grande valor funcional.

Tem a vantagem de não enferrujar e tem excepcional resistência a ambientes altamente agressivos aos materiais convencionais

Segundo Mascarenhas (2015) existe pelo menos um em São Vicente desde 1996, no Farol da Baía da Gatas.



FIGURA 19- SUPORTE DE FIBRA DE VIDRO NO FAROL DA BAIÁ DAS GATAS

[(Mascarenhas, 2015)]

Estruturas de suporte recentemente instaladas em São Vicente na tabela 4:

Localização	Data instalação	Material de suporte	Tipo de manutenção	Período de manutenção	Estado de conservação
Universidade do Mindelo	2016	Aço	Pintura	Sem manutenção	Muito Bom estado
Terra Lodge Hotel	2017	Alumínio	Pintura	Sem manutenção	Muito Bom estado
Escola Industrial Comercial do Mindelo Guilherme Dias Chantre	2017	Alumínio	Sem manutenção	Sem manutenção	Muito Bom estado

TABELA 3- SUPORTES RECENTEMENTE INSTALADOS EM SÃO VICENTE

[FONTE: AUTOR]

3.3-Aço

O aço demonstra ser um bom investimento, por causa da sua resistência à corrosão (várias décadas) apresentando excelentes características.

A estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos na Universidade do Mindelo é feita de aço, porque as cargas aerodinâmicas expectáveis eram elevadas além disso os painéis têm um peso considerável e os tubos têm uma boa espessura devido a proximidade da estrutura ao ambiente marítimo, ambiente este de grande salinidade.

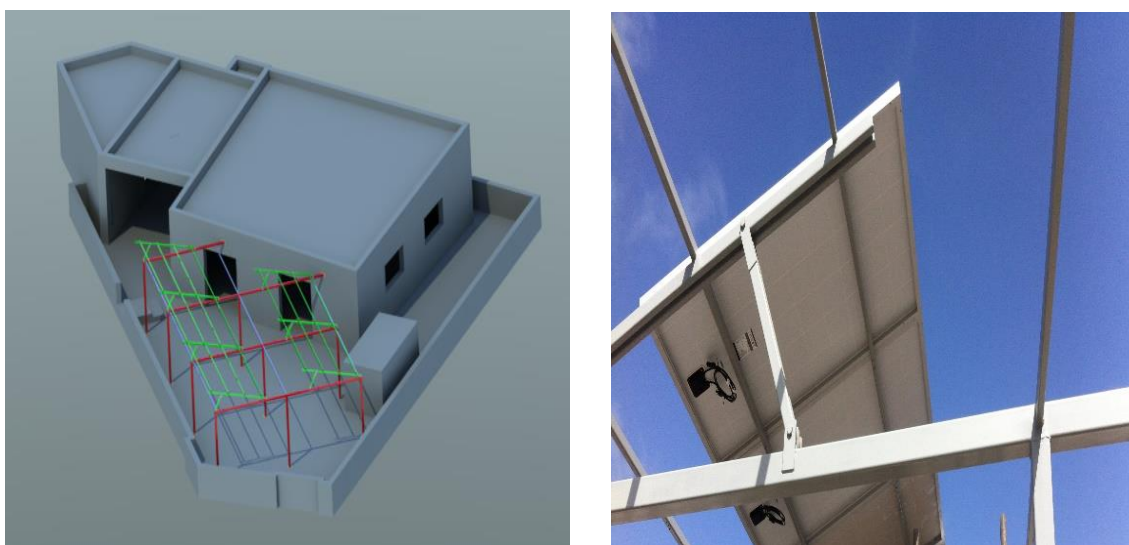


FIGURA 20- ESTRUTURA DE FERRO GALVANIZADO NA UNIVERSIDADE DO MÍNDELO
[FONTE: AUTOR]

Conta com uma proteção contra corrosão por meio de uma pintura preventiva que tem por objetivo criar uma barreira impermeável protetora na superfície do aço proporcionando-lhe uma grande longevidade. Os materiais impermeáveis, normalmente, utilizados são esmaltes, vernizes, tintas e plásticos.

3.4-Alumínio

O alumínio, por ser o mesmo material de grande parte das armações dos painéis fotovoltaicos, não ocorre a corrosão galvânica e tem sido utilizado em algumas instalações, como o caso da instalação na Escola Industrial Comercial do Mindelo Guilherme Dias Chantre e da instalação no Hotel Terra Lodge.

Essas duas instalações foram utilizadas como referência para o estudo dos materiais em alumínio utilizados nas estruturas de suporte fixas instaladas em São Vicente.



*FIGURA 21- ESTRUTURA DE ALUMÍNIO NA ESCOLA INDUSTRIAL COMERCIAL DO MINDELO G.D. C
[FONTE: AUTOR]*

Nesta segunda instalação as barras de alumínio ainda contam com uma pintura de fábrica de cor branca criando, assim uma barreira impermeável protetora que lhes proporciona mais proteção e resistente à corrosão.



*FIGURA 22- ESTRUTURA DE ALUMÍNIO NO HOTEL TERRA LODGE
[FONTE: AUTOR]*

O alumínio resiste igualmente a vida útil de um painel fotovoltaico. A colocação das estruturas em causa requer o uso de rebites. É importante garantir que o material utilizado seja resistente à corrosão, que pode ser agravada pelo efeito galvânico, se for de um metal diferente da estrutura ou da armação.

Das duas estruturas de suporte instaladas em São Vicente a mais de vinte (20) anos apenas a do Farol da Baía da Gatas ainda existe, demonstrando um bom estado de conservação mesmo com os diversos fatores naturais que desfavorecem a sua integridade estrutural, pelo fato de ter um excelente material na sua constituição.

Nas outras instalações as mais recentes não apresentam sinais de agressividade do ambiente demonstrando um estado de conservação muito bom, por estarem no início da sua vida útil e também por utilizarem material mais resistente e com um custo mais em conta do que a vinte (20) anos.

A melhor escolha do material para a estrutura de montagem dos painéis seria alumínio por ser muito resistente a corrosão.

Mas por ser um pouco caro, optou-se pelo aço, como na Universidade do Mindelo, é mais barato, mas apresenta menor resistência à corrosão do que o alumínio, conseguindo aumentar essa resistência por meio de uma pintura criando uma barreira impermeável na superfície do material do suporte.

3.5- Parafusos /rebites e outros materiais utilizados juntamente com as estruturas

A colocação dos módulos fotovoltaicos nas estruturas requer o uso de parafusos ou de rebites. É importante garantir que o material utilizado seja resistente à corrosão, que pode ser agravada pelo efeito galvânico, se for de um metal diferente da estrutura ou da armação. Na fig. 4.6 a corrosão é agravada pelo efeito galvânico entre o ferro do suporte e parafusos e o alumínio dos painéis. Nos faróis e no PRS têm sido utilizados parafusos e porcas de ferro galvanizado e de alumínio. No caso de ferro galvanizado é conveniente ainda colocar massa consistente nos parafusos.



*FIGURA 23- CORROSÃO POR EFEITO GALVÂNICO EM SISTEMAS COM SUPORTE DE FERRO
[FOTO: RAQUEL FERRER(INRGH)]*

CAPITULO IV- LEGISLAÇÃO CABO-VERDIANA

O Decreto-Lei nº 1/2011, de 3 de Janeiro, estabelece as disposições relativas à promoção, ao incentivo, acesso, licenciamento e exploração inerentes ao exercício da atividade de produção independente e de autoprodução de energia eléctrica, com base em fontes de energias renováveis, mas recentemente inseriram o Decreto-Lei nº 54/2018, de 15 de outubro onde foram alterados alguns artigos.

4.1- Exercício da atividade

O artigo 4º do Decreto-Lei nº 54/2018 estabelece que a atividade de produção de energia eléctrica, com base em fontes de energias renováveis, pode ser exercida com base em três regimes (B.O, 2018):

- i. Regime Geral, aplicável à produção independente e Auto produção, com base em fontes de origem renovável, não previstas nos restantes regimes;
- ii. Regime para microprodução, aplicável à Auto produção, com base em fontes de origem renovável e potência de ligação até 100 kVA;
- iii. Regime simplificado para eletrificação rural descentralizada, aplicável à produção independente e Auto produção, com base em fontes de energias renováveis, quando realizado para abastecer rede autónoma, situada em localidade geograficamente isolada.

4.2- Disposição Gerais para o Regime para microprodução

Uma vez que o tema deste trabalho é a microprodução iremos abordar apenas a legislação referente à microprodução. De acordo com o artigo 57º, 1. As instalações de microprodução com uma potência total instalada inferior ou igual a 400 W não carecem de qualquer autorização prévia para a sua instalação desde que sejam utilizados equipamentos certificados e instaladores acreditados, necessitando apenas de um registo no Sistema de Registo de Microprodução (SRM), através de uma plataforma na internet, ou através de uma carta enviada à Direção-geral de Energia, no caso de a plataforma não estar disponível, e uma posterior inspeção para validação, em conformidade com os requisitos estabelecidos na legislação aplicável a seguir enunciados (B.O, 2018):

- i. Ter um contrato de compra de eletricidade.

- ii. A unidade de microprodução com potência instalada de mais de 400 W deve ser integrada no local da instalação elétrica de utilização, respeitando os seguintes critérios:
 - a) Ter uma potência de ligação à rede igual ou inferior a 100 kW; e
 - b) Produzir anualmente um valor igual ou inferior a 100% (cem por cento) do consumo anual em kWh. O consumo anual em kWh é aferido pela soma dos consumos de uma série seguida e completa de 12 faturas de eletricidade do contrato de compra associado à instalação ou através de declaração a emitir pela concessionária atestando o consumo anual da instalação no último ano.
- iii. As instalações com potência de injeção superior a 400 W devem ter um projeto assinado por um técnico responsável por instalações elétricas de serviço particular disponível no momento da inspeção.
- iv. O registo de instalações com potência instalada superior a 400 W só é válido após o pagamento de uma taxa a estabelecer nos termos do presente diploma e caduca se, no prazo de 6 (seis) meses, não for solicitada a inspeção da instalação.

4.3- Direitos do produtor

De acordo com o artigo 5º, o produtor de eletricidade com base em fontes de origem renovável, tem o direito de (B.O, 2011, p. 3):

- i. Consumir e/ ou ceder a terceiros, nos termos da lei, a energia elétrica por si produzida;
- ii. Entregar à rede elétrica pública, através da entidade titular da concessão de transporte e distribuição de energia elétrica, a totalidade da energia elétrica produzida; e
- iii. Ligar-se por ramal, quando necessário, à rede explorada pela concessionária, através do ponto de entrega previamente acordado com a concessionária e validado pela DGE.

4.4- Deveres do produtor

O artigo 6º enuncia os deveres do produtor a seguir enumerado (B.O, 2011, pp. 3,4):

- i. Entregar a energia eléctrica produzida em conformidade com as normas técnicas aplicáveis ao normal funcionamento da rede;
- ii. Prestar à DGE, à Entidade Reguladora e ao operador da rede, todas as informações que lhe forem solicitadas;
- iii. Permitir e facilitar o livre acesso do pessoal técnico da DGE, da Entidade Reguladora e do operador da rede, à instalação de produção e, prestar todas as informações e auxílio de que careçam para o desempenho das suas funções de fiscalização;
- iv. Cumprir com os requisitos técnicos e de segurança estabelecidos no Anexo 1 do diploma;

4.5- Incentivo à produção de eletricidade com origem renovável, com base no regime para microprodução.

4.5.1- Incentivos aduaneiros

De acordo com os artigos 14º, e 15º todos os equipamentos, matérias-primas e subsidiárias, produtos acabados e semi acabados, assim como outros materiais utilizados na produção de bens ou serviços destinados à produção de energia eléctrica com base em fontes de energia renovável, são livres de direitos aduaneiros e outras imposições aduaneiras. Estes benefícios fiscais não dispensam do pagamento do imposto de selo e das taxas e honorários devidos como retribuição de serviços (B.O, 2011, p. 7).

4.5.2- Regime remuneratório aplicável à microprodução

O artigo 23º do Decreto-lei nº54/2018 enuncia os critérios para o regime remuneratório específico aplicável à microprodução a seguir enumerados (B.O, 2018):

- i. Para Sistemas de Microprodução com potência total instalada superior a 400 W, a tarifa de venda de eletricidade à rede nos momentos em que se registre um excedente de energia produzida face à energia consumida é igual ao custo evitado

de produção térmica do Sistema Elétrico Nacional, anualmente publicado pela Agência de Regulação Económica.

4.6- Faturação, contabilidade e relacionamento aplicável à microprodução

O artigo nº 24 do Decreto-Lei nº54/20181 enumera os critérios para a faturação e contabilidade a seguir descritos (B.O, 2018):

- i. Para efeitos de faturação, contabilidade e fiscalidade aplicável à microprodução, a concessionária considera apenas a compra do excedente de energia que o micro-produtor injeta na rede.
- ii. A compensação do valor do excedente de energia injetado pelo micro produtor é feita por dedução na faturação da energia consumida da rede no mesmo período.
- iii. Caso, num período de faturação, o valor devido pelo excedente de energia injetado pelo Micro produtor seja superior ao valor da energia consumida da rede, a compensação é feita em períodos de faturação posteriores.
- iv. O direito à compensação a que se refere o número anterior é valido por um período de 1 (um) ano.

4.7- Atividade de Instalação

Segundo o artigo 59º, podem exercer a atividade de instalação de unidade de microprodução renovável (B.O, 2018):

- i. Os empresários em nome individual ou sociedades comerciais, com alvará específico para o efeito de execução de instalações de produção de eletricidade, mediante o registo prévio no SRA, através do preenchimento de um formulário electrónico disponibilizado no sítio da internet do departamento Governamental ou da entidade delegada.
- ii. O registo é valido por um período de 3 anos, findo a qual caduca automaticamente, salvo se estas procederem, antecipadamente, a novo registo.
- iii. Cada entidade instaladora deve dispor de um técnico responsável por instalações eléctricas de serviço particular, devidamente certificado por entidade competente.

4.8- Inspeção e ligação à rede

4.8.1- Inspeção

De acordo com o artigo 60º do Decreto-Lei nº 54/2018, de 3 de Janeiro, após a instalação de uma unidade de autoprodução renovável (B.O, 2018):

- i. O produtor deve solicitar, no SRA, através de formulário e no prazo máximo de 6 meses a contar da data do registo, a emissão de certificado de exploração e ligação à rede, sendo-lhe atribuído, para o efeito, um técnico ou entidade certificadora.
- ii. As instalações com potência instalada inferior ou igual a 400 W estão isentas de inspeção desde que a instalação seja realizada utilizando equipamentos certificados.
- iii. O pedido de inspeção a realizar pelo técnico ou entidade certificadora só é válido após o pagamento do valor estipulado na tabela de preços constante do anexo II ao presente diploma, acrescidos do IVA (Imposto sobre o Valor Acrescentado).
- iv. Os preços previstos no número anterior podem ser atualizados anualmente de acordo com a taxa de inflação por despacho do Diretor Nacional da Indústria, Comércio e Energia.
- v. O certificado de exploração é emitido na sequência da inspeção, que deve ser efetuada nos 30 (trinta) dias subsequentes ao pedido previsto no número anterior, com marcação de dia e hora em que a mesma vai realizar, devendo esta ser comunicada ao produtor e técnico responsável, pelos meios disponíveis previstos no registo.
- vi. Na inspeção é verificado se as unidades de auto- produção renovável estão executadas de acordo com o disposto no presente diploma e regulamentação em vigor, se as informações enviadas no registo são corretas, se o respetivo contador cumpre as especificações e está corretamente instalado e devidamente selado e são efetuados os ensaios necessários para verificar o adequado funcionamento dos equipamentos.
- vii. Os ensaios previstos no número anterior destinam-se a verificar os valores relativamente a máximo e mínimo de tensão, máximo e mínimo de frequência, flicker e harmónicas e outros, em conformidade com o Código de Rede em vigor ou, em alternativa, que venham a ser definidos por despacho do Diretor Nacional da Indústria, Comércio e Energia, previsto no n.º 3 do artigo 55.º

- viii. Na inspeção deve estar sempre presente o técnico responsável por instalações elétricas de serviço particular, ao serviço da entidade instaladora, ao qual compete esclarecer todas as dúvidas que possam ser suscitadas no ato da inspeção.
- ix. Se a unidade de microprodução estiver em condições de ser ligada à rede, é entregue pelo inspetor ao produtor ou ao técnico responsável presente, no final da inspeção, o relatório de inspeção que, em caso de parecer favorável, substitui o certificado de exploração a remeter posteriormente ao produtor pela entidade responsável pelo SRM.

4.8.2- Ligação à rede

O artigo nº 61 do Decreto-Lei nº54/2018 enuncia os critérios necessários para a ligação na rede a seguir enumerados (B.O, 2018):

- i. As instalações de Microprodução com potência instalada inferior ou igual a 400 W, executadas utilizando equipamentos certificados e instaladores acreditados, podem ser ligadas na instalação elétrica de utilização logo após a instalação, dispondo de um mês após a instalação para realizar o seu registo no SRM.
- ii. No caso das instalações de Microprodução com potência instalada superior a 400 W, a entidade certificadora, no prazo máximo de 5 (cinco) dias úteis após a emissão do certificado de exploração, regista a instalação de micro- produção no SRM e comunica o pedido de ligação à rede à concessionária da rede de transporte e distribuição
- iii. A concessionária da rede de transporte e distribuição tem 10 dias úteis para comunicar ao SRA e ao cliente, a data e a hora previstas para a ligação à rede, que deve ocorrer entre os 5 e os 30 dias úteis após a data da comunicação ao cliente.
- iv. O cliente pode solicitar até 2 (duas) vezes o reagendamento da data de ligação à rede, sem penalidade, desde que o faça com mais de 3 (três) dias úteis de antecedência. Caso o cliente solicite a alteração após essa data, o faça mais do que 2 (duas) vezes ou não compareça na data e hora prevista para ligação, deve solicitar novamente a ligação pagando 10.000\$00 (dez mil escudos) à concessionária da rede de transporte e distribuição.
- v. Na data da ligação, o cliente assina um auto de ligação e o contrato de compra e venda de energia, que são entregues pela Concessionária, ao cliente com cópia do

- auto de ligação à entidade certificadora, que o regista no SRM e paga à Concessionária os valores a que esta tem direito nos termos do presente diploma.
- vi. O prazo médio de ligação à rede é publicado no SRA e atualizado trimestralmente.

4.9- Contagem de eletricidade

O artigo nº 62 do Decreto-Lei nº54/2018 enuncia os critérios da contagem de eletricidade a seguir enumerados (B.O, 2018):

- i. A energia produzida por sistemas de Microprodução com potência instalada inferior ou igual a 400 W não têm contagem, injetando na rede o excesso de produção relativamente ao consumo sem direito a qualquer compensação.
- ii. No caso dos sistemas de Microprodução com potência instalada superior a 400 W, o sistema de contagem de eletricidade e os equipamentos que asseguram a proteção da interligação devem ser colocados, sempre que possível, no local do contador de consumo existente, idealmente em local de fácil acesso ao operador da rede bem como às entidades competentes para efeitos do presente diploma.
- iii. A contagem da eletricidade produzida e consumida passa a ser feita mediante instalação de contador bidirecional, ou de dois contadores, devidamente autorizados para o efeito, que substituiu o contador da instalação de consumo.
- iv. Não é aplicável aos produtores de unidades de microprodução renovável a obrigação de fornecimento de energia reativa.

4.10- Contrato de compra e venda

O artigo nº 64 do Decreto-Lei nº54/2018 contrato de compra e venda deve seguir o seguinte critério (B.O, 2011, p. 19):

- i. Com a emissão de certificado de exploração e ligação à rede a que se refere o n.º 1 do artigo 60.º, a entidade responsável pelo SRM notifica o comercializador com vista ao envio do contrato de compra e venda de eletricidade ao respetivo produtor no prazo máximo de cinco dias úteis.
- ii. O comercializador dá conhecimento, no mesmo prazo previsto no número anterior, mediante formulário eletrónico disponibilizado pelo SRM, do envio do contrato previsto no número anterior.
- iii. O contrato de compra e venda de eletricidade previsto no n.º 1 deve seguir o modelo de contrato cuja minuta- tipo é aprovada por Portaria do membro do Governo responsável pela área da Energia, sendo ouvida a Agência de Regulação Económica.
- iv. Após a celebração do contrato previsto no número anterior, o produtor deve informar da sua celebração no sítio da Internet da entidade responsável pelo SRM, devendo esta solicitar, automaticamente, ao operador da rede de distribuição a ligação da unidade de micro- produção à rede pública.
- v. O contrato de compra e venda de eletricidade previsto neste artigo não se aplica no caso das instalações de microprodução com potência instalada igual ou inferior superior a 400 W.

CAPITULO V- SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para A forte procura por sistemas fotovoltaicos, e renováveis em geral, em alternativa as fontes de energia convencionais, impulsionou uma procura enorme por softwares simples, de fácil utilização, destinados ao dimensionamento, e simulação do desempenho dos respetivos sistemas.

Em Axaopoulo et al (2014), é feita uma revisão aprofundada de vários tipos de ferramentas para o estudo de sistemas fotovoltaicos. O estudo foca na precisão das simulações feitas pelos mesmos, quando confrontados como valores reais, e a comparação é feita entre os valores simulados nos respetivos softwares, e os valores medidos numa central fotovoltaica de 19.8 kWp instalada na Trácia, Grécia.

Os Softwares comerciais descritos a seguir, são os quatro considerados mais precisos segundo Axaopoulo et al (2014), e serão apresentados do mais preciso para o menos preciso, em relação a previsão da energia total elétrica gerada pela central num ano. Por fim será apresentado o software Homer, que apesar de não estar bem classificado na fonte Axaopoulo et al (2014), é um software bastante completo e amplamente utilizado.

5.1 Archelios Pro

Antigamente chamado de Solar Calc, é um software francês que permite o dimensionamento e simulação de sistemas fotovoltaicos em três dimensões 3D. Também pode ser utilizado através de uma extensão (Plugin) no software SKETCHUP¹, onde disponibiliza a opção de visualização da irradiação recebida em cada módulo, podendo optar por excluir módulos nas quais recebam pouca irradiação. Assim, tem a vantagem de permitir estudar a envolvente da instalação e das potências sombras que poderão causar perda de geração.

¹ Software de desenho em 3D cada vez mais utilizado por uma ampla comunidade de Engenheiros, Arquitetos e Designer.

É reconhecido como um dos softwares de simulação mais precisos do mundo, segundo o estudo em Photon (2011) e o já anteriormente referenciado Axaopoulo et al (2014). Até a data da realização desta dissertação, era o único software que dispensava instalação, porque utiliza um aplicativo Web, possibilitando deste modo a utilização em qualquer dispositivo conectado a internet, e em que as atualizações são feitas automaticamente, no caso de estar conectado com mais do que um dispositivo.

A localização dos projetos é feita através do Google Maps, e a escolha dos dados meteorológicos é feita diretamente na página, através da escolha da estação meteorológicos mais perto do projeto em estudo.

Outra grande valia deste software, é que o cálculo de obstáculos longínquos (impedindo a irradiação chegar a destino), e o cálculo preciso das perdas devido aos sombreamentos próximos, em qualquer parte do mundo, é feito de forma intuitiva e automática, dispensando cálculos complexos. Também possibilita baseado na irradiação recebida, a visualização das curvas de corrente em função da tensão, $I = f(V)$, para cada módulos ou fileira (string) de módulos.

5.2 Polysun

O Polysun (Suíça) é um dos softwares mais completos existentes no mercado mundial no que toca a soluções para aproveitamento de energia renovável. Na versão completa do software, vem com vários módulos, desde sistemas fotovoltaicos, sistemas solares térmicos e até módulos de Geotermia, o que possibilita a montagem de sistemas híbridos, e as combinações podem ser entre fotovoltaico, Caldeiras, Bombas de Calor, máquinas de refrigeração, entre outros.

O forte deste software é o solar térmico, onde disponibiliza uma base de dados com vários modelos físicos dos sistemas com as suas respetivas ligações, separados por fabricantes e por soluções usuais em cada país. Ainda possibilita a opção de modificar os modelos ou construir uma de raiz. Também disponibiliza uma base de dados com vários diagramas de carga típicos para cada aplicação, o que possibilita a realização de uma simulação do sistema mesmo ainda numa fase inicial.

5.3 PVsyst

Desenvolvido especificamente para simular o desempenho de sistemas fotovoltaicos, é um dos softwares mais antigos existentes no mercado mundial de softwares para sistemas fotovoltaicos. Foi desenvolvido pela Universidade de Genebra (Suíça), com o intuito de ser uma ferramenta de apoio simples, de fácil utilização, que pudesse ser usado por Instaladores, Arquitetos, Investigadores ou Engenheiros. Os valores de irradiação solar podem ser importados tanto do portal PVGIS² ou da base de dados da NASA³, e com poucos passos pode-se estimar rapidamente a produção elétrica de uma dada central fotovoltaica.

5.4 PVsol

O PVsol um software alemão, também desenvolvido exclusivo para sistemas fotovoltaicos, onde permite a simulação dinâmica e visualização em 3D, com análise de sombreamento detalhado em sistemas FV conectados à rede.

5.5 Homer

HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) é um software desenvolvido pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL) dos Estados Unidos da América. Este software é orientado para a tarefa de avaliação de projetos energéticos, através da utilização de vários modelos energéticos tanto para sistemas não conectados à rede, como para sistemas conectados.

Os algoritmos de otimização, e de análise de sensibilidade permite aos usuários avaliarem aspetos tanto económicos como técnico, em uma ampla gama de opções tecnológicas, e leva em consideração várias incertezas na previsão de custos em cada tecnologia, disponibilidade dos recursos energéticos, entre outras variáveis.

² Photovoltaic Geographical Information System, é uma aplicação que fornece um inventário dos recursos de energia solar e avaliação da geração de eletricidade a partir de sistemas fotovoltaicos na Europa, África e Sudoeste da Ásia com base no mapa interativo disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>.

³ National Aeronautics and Space Administration

Os sistemas de energia em estudo podem ser fotovoltaicos, mas também turbina eólicas, central hidroelétricas ou biomassa, grupos de eletrogeradores a gásóleo, pilhas de combustível ou um sistema híbrido das combinações anteriores.

5.6 Discussão sobre a adequabilidade de utilização destas ferramentas

Os softwares supracitados, a exceção do software Homer, são ferramentas amplamente utilizadas por empresas de projeto e de instalação, em que implicam que haja um domínio técnico muito específico, pelo que não são adequadas para desenvolver estudos de pré-viabilidade económica, o que implica que não permitem avaliar financeiramente, projetos desenvolvidos para o contexto português. Outro fator é o custo elevado das licenças dos respetivos softwares.

Em contrapartida o software Homer pode ser utilizado por usuárias menos experientes ou com pouca bagagem técnica, as licenças são relativamente mais acessíveis, apresentando o único inconveniente sobre a precisão dos resultados alcançados, principalmente os resultados sobre avaliação económica do projeto em estudo.

CAPITULO VI – CASO DE ESTUDO: PROJECTO FOTOVOLTAICO PARA O AEROPORTO CESARIA EVORA

6.1- Descrição do projeto

A princípio, foram elencados vários possíveis locais no Aeroporto de São Vicente (Cesária Évora) onde poderia ser implementado o projeto. Foram analisadas características desses locais, como área e possíveis pontos de sombreamento. Assim, o local escolhido foi o estacionamento, mostrado na FIGURA 24, por não possuir sombreamento e vasta área descoberta. Ainda foi considerado o fato positivo que traria para o aeroporto possuir um estacionamento com cobertura que servira como sombra para os veículos visto que esses estão expostos a grande parte de radiação solar. Serão observados dados cruciais como insolação e sombreamento para o projeto das placas e o melhor posicionamento das mesmas, sempre tendo em vista a utilização de materiais que possuem o melhor custo-benefício. Todo o projeto estará de acordo com as normas de segurança. Por fim, será feita a documentação do mesmo e a conclusão da viabilidade de sua execução e instalação.

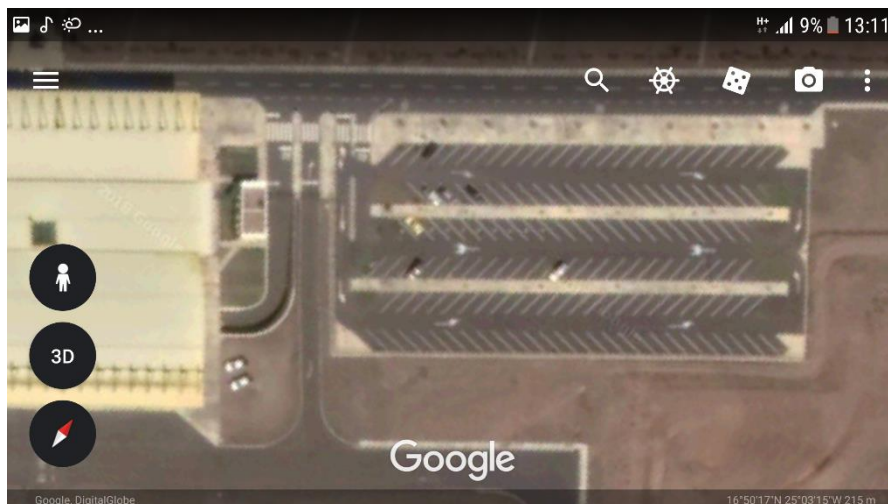


FIGURA 24- PARQUE DE ESTACIONAMENTO DO AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA

[FONTE- GOOGLE EARTH]

6.2- Enquadramento Geográfico e localização

O Aeroporto Internacional Cesária Évora, figura 25, 26 3 27, anteriormente designado Aeroporto de São Pedro é o aeroporto que serve a Ilha de São Vicente, Cabo Verde. Localiza-se junto à aldeia de São Pedro, no vale da Ribeira de São Pedro, a cerca de 5 km a sudoeste do centro da cidade do Mindelo. O aeroporto foi inaugurado em 1960. Em 2005 tiveram início os trabalhos de ampliação da pista e aerogare, onde passou ser um aeroporto internacional, e adotaria o nome de Aeroporto Internacional Cesária Évora. A pista tem uma extensão de 2.000 metros e o novo terminal tem cerca de 11.000 m², com capacidade para movimentar cerca de 500 passageiros por hora. O aeroporto é o terceiro mais ativo de Cabo Verde. Tal como os outros, é gerido pela ASA - Aeroportos e Segurança Aérea. Serve também as populações e visitantes da ilha de Santo Antão, já que esta tem a pista desativada.

O local escolhido para instalação do sistema foi em um dos parques de estacionamento do aeroporto que tem uma área de 5000/m².



FIGURA 25- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA
[FONTE: AUTOR]



FIGURA 26- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA
[FONTE: GOOGLE EARTH]



FIGURA 27- AEROPORTO CESÁRIA ÉVORA
[FONTE: GOOGLE EARTH]

6.3- Estudo do potencial solar da ilha de São Vicente

Sendo que a energia solar é o motor de toda a operação do sistema de produção de energia elétrica, foi feito um estudo detalhado do potencial de radiação solar da ilha de São Vicente para validar o uso da tecnologia de energia solar fotovoltaica.

No mapa da FIGURA 28, constata-se a forte incidência da radiação solar, em quase toda a ilha, com uma variação mínima próximo dos $28 \text{ kWh}/\text{m}^2$ e o máximo de $6800 \text{ kWh}/\text{m}^2$. As áreas de menor incidência da radiação solar, correspondem as áreas mais montanhosas, onde a orografia cria áreas sombrias e dificulta a incidência da radiação solar. Estes casos verificam-se mais a sul, sudoeste, também a nordeste da ilha (ALVES 2013).

A ilha apresenta uma média da radiação solar anual de cerca de $2210 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Este valor ligeiramente superior ao da média nacional, que segundo dados do (PERCV, 2011), que situa-se nos $1800 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{ano}$, para a inclinação e exposição natural do terreno ALVES, (2013).

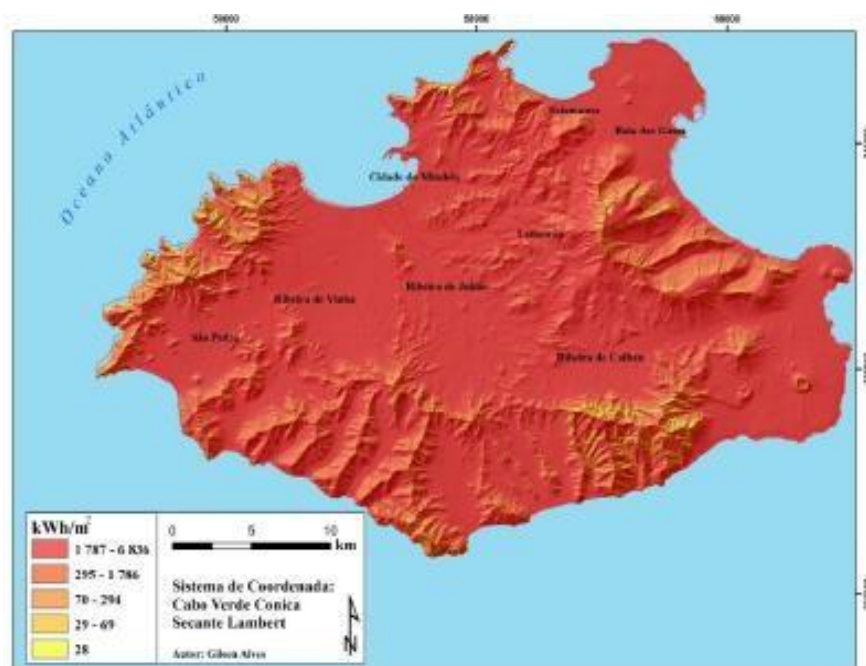


FIGURA 28- RADIAÇÃO SOLAR ANUAL (2012) NA ILHA DE SÃO VICENTE EM KWH/M2
.[FONTE: ALVES(2013)]

O valor energético solar na ilha de São Vicente, nos vários meses do ano é substancial, o que comprova o grande potencial da ilha em termos de recurso energético solar. Entre os meses de Maio a Agosto registam-se maiores incidências da radiação solar na ilha, sendo Julho o mês com maior disponibilidade de energia solar, com uma máxima 187,46kWh/m². A partir de Agosto a incidência da radiação solar baixa até Dezembro que é o mês com menor incidência da radiação solar. A incidência máxima no mês de Dezembro é de 104,43 kWh/m².

São Vicente tem um clima quente, com uma temperatura média anual de 25°C e raramente são registados precipitações mesmo nos meses mais húmidos. Estudos realizados, pela PERCV, identificaram várias zonas disponíveis na ilha, com boas características para a implementação de centrais fotovoltaicas BRITO 2014. Na ilha de SV o nascer do sol ocorre, aproximadamente todo o ano, as 8 horas e que o pôr-do-sol acontece por volta das 19:30 em alguns meses e por volta das 20:00 em outros meses. Alguns estudos, realizados no âmbito do PERCV, revelam que o potencial de São Vicente, para a instalação de centrais eólicas é de 7,5MW, (BRITO, 2011).

MÊS	RADIAÇÃO (KW/m ²)
JAN	4.961
FEV	5.773
MAR	6.637
ABR	6.902
MAI	7.070
JUN	6.521
JUL	6.217
AGO	6.149
SET	6.107
OUT	5.556
NOV	5.000
DEZ	4.629

TABELA 4- RADIAÇÃO SOLAR (SV) JULHO A DEZEMBRO DE 2012

[FONTE: ALVES 2012]

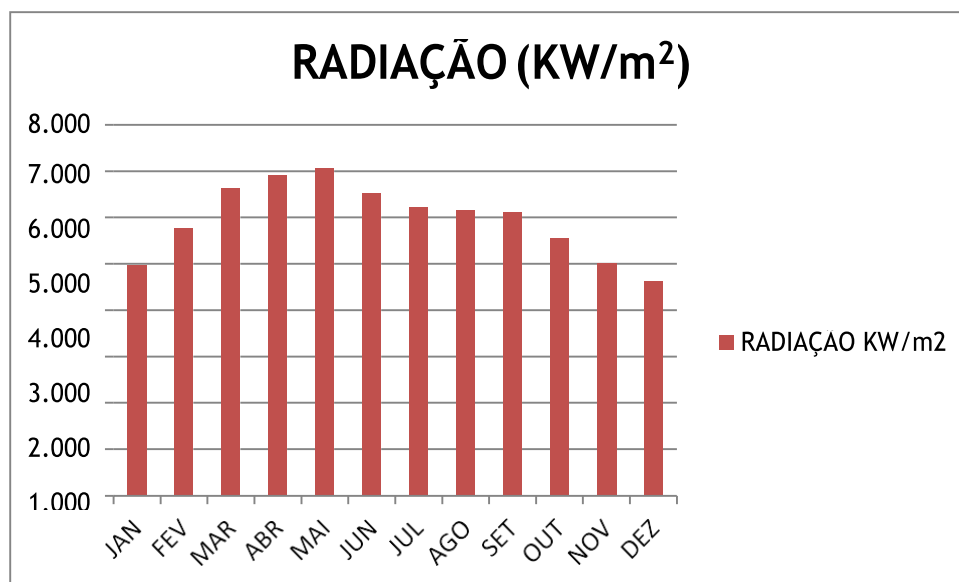


GRÁFICO 1- MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO SOLAR MEDIDA EM SÃO VICENTE (MINDELO)

[FONTE: BRITO (2014)]

6.3- Sombreamento e inclinação

A existência de sombreamento nos módulos fotovoltaicos conduz a vários problemas, quer a nível de eficiência, que traduz-se na perda de potência, quer a nível de segurança dos módulos.

É de realçar que no caso de este projeto em específico, não existe qualquer índice de sombreamento como pode se notar na FIGURA 24.

Segundo (VILLALVA; GAZOLI, 2012), há duas orientações básicas que devem ser seguidas para a correta instalação de um módulo solar:

1. Sempre que possível, orientar o módulo com sua face voltada para o sul (azimute zero) em países acima do meridiano equatorial, ou para norte em locais pertencentes ao hemisfério sul, o que maximiza a produção média diária de energia;
2. Ajustar o ângulo de inclinação correto do módulo com relação ao solo para otimizar a produção de energia ao longo do ano. Para isso, deve-se levar em conta a latitude geográfica da localidade onde o sistema é instalado.

Para o caso do projeto em estudo com localização geográfica $16^{\circ}50'18''\text{N } 25^{\circ}03'14''\text{W}$ como mostra a FIGURA 29, encontra-se no hemisfério Norte, com latitude de $16,50^{\circ}$ será orientado para sul e a sua inclinação será de 17° .

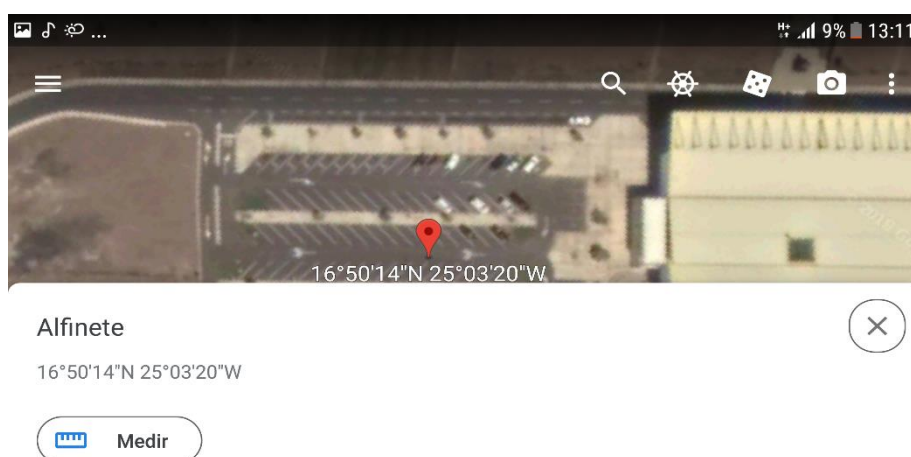


FIGURA 29- LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO AEROPORTO

[FONTE: GOOGLE EARTH]

6.4- A Análise do sistema elétrico do Aeroporto

Para desenvolver de qualquer projeto desse tipo é essencial fazer uma análise do sistema elétrico do caso de estudo, para tal análise foi consultado o documento (MD-SV_terminal_pass) fornecido pelo técnico responsável de manutenção do aeroporto em estudo.

6.4.1- ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA

O abastecimento de energia elétrica ao terminal de passageiros efetua-se à tensão de 20 kV a partir da rede de distribuição pública, fazendo-se a entrada de energia num posto de transformação instalado em compartimento próprio, cujo acesso só é possível a partir do exterior do edifício.

O posto de transformação é alimentado a partir da rede pública de M.T., com entrada por cabo subterrâneo, é para montagem interior, constituído por celas modulares de média tensão e equipado com um transformador com a potência de 630 kVA.

As celas modulares são agrupadas formando um quadro de média tensão, cuja composição é a seguinte:

- Cela de chegada: com interruptor-seccionador, seccionador de terra e respetivo comando.
- Cela de proteção do transformador: com interruptor-seccionador, seccionador de terra e três fusíveis com sinalização mecânica de fusão dos fusíveis.

6.4.2- QUADROS E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A inversão rede-grupo é executada de forma automática sempre que sobrevier uma falta de tensão na rede pública, estando o inversor automático instalado no quadro elétrico do posto de transformação (QGPT).

A partir do QGPT é alimentado o edifício do Terminal de Passageiros, fazendo-se a entrada de energia no Quadro Geral / Q. Piso -1 localizado em zona técnica própria no Piso -1. Este quadro possui três barramentos (normal/emergência, normal e UPS) e será alimentado diretamente a partir do QGPT e a partir da UPS de 80 kVA situado nesta sala.

Para além do Q. Geral / Q. Piso -1, que cumpre simultaneamente as funções de quadro geral do edifício e de quadro do Piso -1, ainda existe um quadro de piso, em cada um dos restantes pisos do edifício, donde é derivada as instalações elétricas desse piso, quer diretamente desse quadro quer a partir de quadros parciais alimentados pelo quadro de piso.

Para proteção dos circuitos de saída dos quadros elétricos existe disjuntores com poder de corte adequado às correntes de curto-circuito previsíveis no local, mas não inferiores a 6 kA, tendo os seus calibres sido estabelecidos em função dos circuitos que protegem.

Atendendo à elevada potência associada às cargas de ar condicionado, optou-se por fazer a sua alimentação diretamente a partir do Q.Geral / QP-1.

6.4.3- Iluminação

A iluminação é, de um modo geral, primeiramente foi realizada com armaduras equipadas com lâmpadas fluorescentes (de tipo convencional ou compacto) na generalidade dos casos, tendo-se recorrido à utilização de aparelhos de iluminação equipados com lâmpadas de iodetos metálicos para a iluminação das zonas de elevado pé direito. Para iluminação destas últimas zonas durante o tempo de reacendimento das lâmpadas de iodetos metálicos, optou-se pela utilização de projetores equipados com lâmpadas de halogéneo e comandados por contactores com relés temporizados. É de realçar que ultimamente esta sendo feito a mudança das lâmpadas de alto consumo para lâmpadas económicas, nomeadamente lâmpadas LED.

6.5- Análise da demanda de energia elétrica do Aeroporto

Para levantar o consumo de energia da instalação foi consultado as faturas de água e eletricidade dos últimos 12 meses permitindo assim construir a curva de carga anual.

MESES (2017 a 2018)	ENERGIA CONSUMIDA (KW)
Abril (2017)	20360
Maio (2017)	16433
Junho (2017)	19330
Julho (2017)	16390
Agosto (2017)	28754
Setembro (2017)	32451
Outubro (2017)	49139
Novembro (2017)	64041
Dezembro (2017)	70899
Janeiro (2018)	54123
Fevereiro (2018)	43316
Março (2018)	32510
Consumo anual	447746
Consumo mensal	37312,16667

TABELA 5- CONSUMO MENSAL DE ENERGIA DO AEROPORTO

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

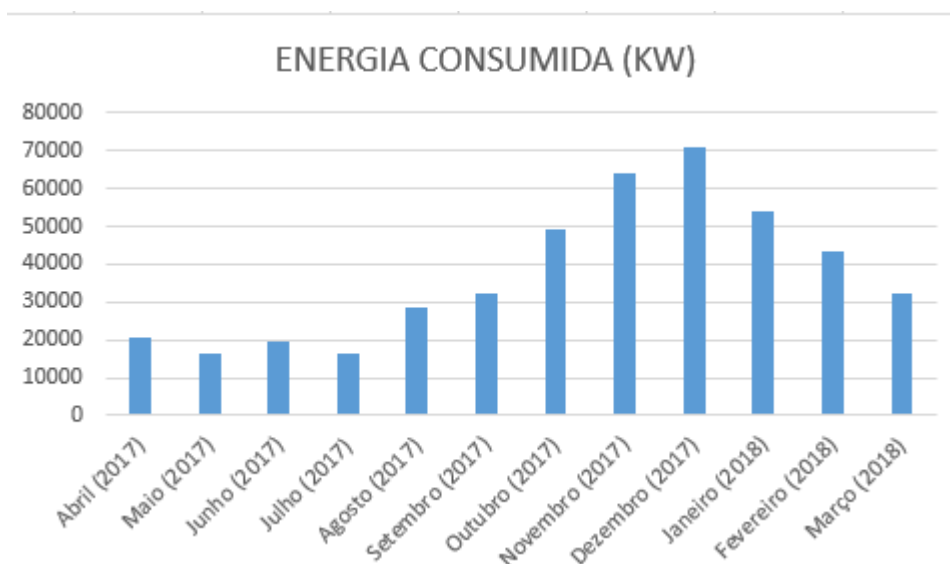


GRÁFICO 3- CURVA DE CARGA ANUAL DA AEROPORTO

[FONTE: ELABORADO PELO AUTOR]

6.6 – Escolha dos Módulos Fotovoltaicos

Atualmente, encontram-se no mercado muitos módulos com alta potência, dentre os quais, podem-se citar: AVP72M (monocristalino) do fabricante AV Project, JKM280P-72 (policristalino) do fabricante JINKO Solar, JKM240M-60 (monocristalino) do fabricante JINKO Solar, KD235GX-LPB (policristalino) do fabricante Kyocera, PLUTO245-Wde (policristalino) do fabricante Suntech, M240 3BB (monocristalino) do fabricante BOSCH, PVL-144 (amorfo) do fabricante Uni-Solar, entre outros etiquetados pelo INMETRO.

O módulo escolhido para ser utilizado como referência no projeto foi o AVP72M (Tabela INMETRO, 2012 – Anexo 1). A escolha do módulo teve como parâmetro a tabela do INMETRO de fevereiro de 2012. O módulo AVP72M possui classificação “A” quanto à sua eficiência e é o que apresenta maior potência máxima (300 Wp) quando comparado aos outros módulos cristalinos. O módulo AVP72M (figura 2.5), do fabricante Isofotón, possui 72 células de Silício monocristalino em série, e potência nominal de 300 Wp, além de apresentar uma eficiência de 15,3%, conforme mostrado no Anexo 2.



FIGURA 30 – MÓDULO AVP72M

[FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE AV PROJECT.]

A tabela 6 apresenta as principais características elétricas (nas condições padrão) e físicas do módulo fotovoltaico AVP72M.

Potência elétrica máxima (Pmax)	300 Wp
Tensão de máxima potência (Vmp)	36,87 V
Tensão de circuito aberto (Voc)	45,6 V
Corrente de máxima potência (Imp)	8,15 A
Corrente de curto-circuito (Isc)	8,77 A
Eficiência do módulo	15,3%
Peso	18,5 kg
Largura	997 mm
Comprimento	1.966 mm
Área	1,96 m ²
Temperatura nominal de operação da célula (NOCT)	46 ± 2°C

TABELA 6 – DADOS ELÉTRICOS E FÍSICOS DO MÓDULO AVP72M.

FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE AV PROJECT.

A GRÁFICO 5 mostra a variação da característica IxV do módulo AVP72M, em função de diferentes valores de temperatura a 1.000W/m²

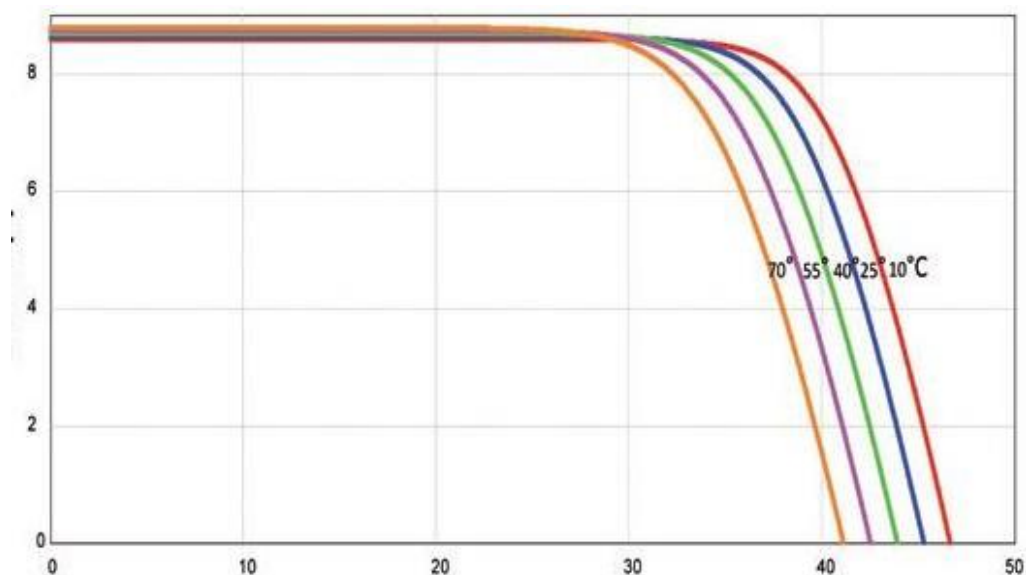


GRÁFICO 5 – CURVAS CARACTERÍSTICAS DO MÓDULO AVP72M EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.

[FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE AV PROJECT.]

6.7- Escolha do Inversor

Com o crescimento da utilização das fontes renováveis de energia para a produção de eletricidade, atualmente encontram-se no mercado inúmeros inversores de alta qualidade. Como referência, citam-se as seguintes marcas: SMA, Fronius, Outback, Würth, dentre outros.

O inversor selecionado é do fabricante SMA, no seguinte modelo: Sunny Mini Central 11000TLRP-10, mostrado na figura 28.



FIGURA 31 – INVERSOR SMC 11000TLRP-10.

[FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE SMA]

A razão da escolha desse inversor deve-se ao fato de que o fabricante SMA é conceituado e seus inversores são de boa qualidade e bastante utilizados em projetos fotovoltaicos no mundo todo. Além disso, possuem boas curvas de eficiência, como mostrado no GRÁFICO 7. A sua utilização é viável no Brasil, devido a possuírem tensão de saída compatível com a tensão padrão da rede elétrica, além de índice de proteção (IP) 65, permitindo a sua instalação na área externa ao terminal aeroportuário.

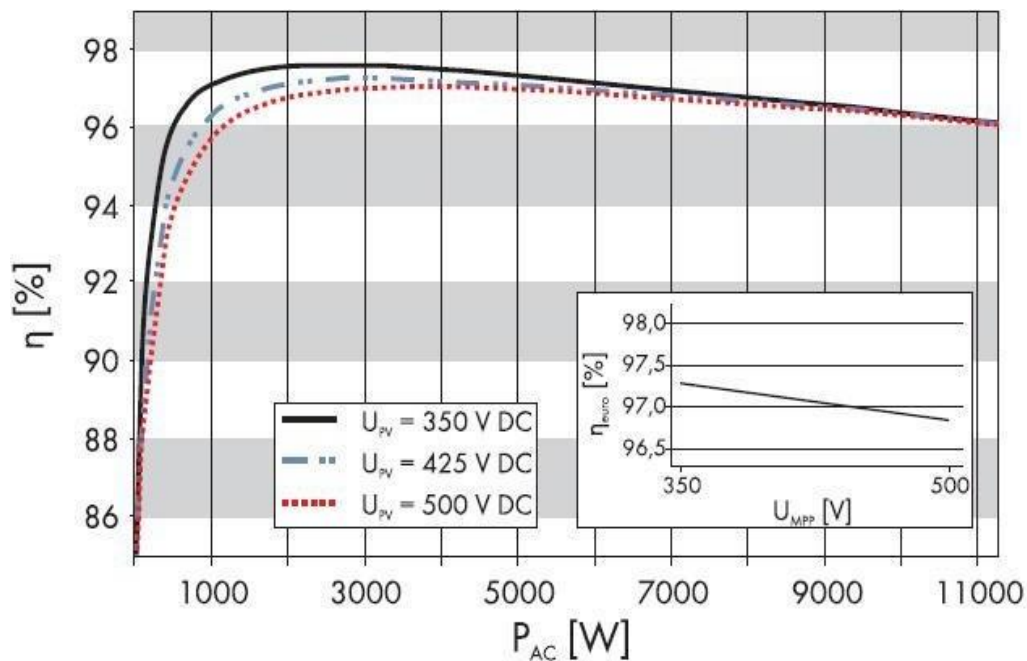


GRAFICO 6 – CURVAS DE EFICIÊNCIA DO INVERSOR SMC 11000TLRP-10.

[FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE SMA]

As principais características elétricas e físicas do inversor modelo SMC 11000TLRP- 10 são apresentadas na TABELA 7.

ENTRADA (CC)	
Potência máxima (Pmax)	11.400 W
Tensão de operação máxima (Vcc)	700 V
Faixa de tensão FV (Vcc)	333 V – 500 V
Corrente máxima de entrada (Icc)	34 A
SAÍDA (CA)	
Potência máxima (Pmax)	11.000 W
Tensão nominal de saída (Vca)	220 V – 240 V
Corrente máxima de saída	48 A
Grau de proteção	65 IP
Eficiência	97,7 %
Peso	35 kg
Largura	468 mm
Comprimento	613 mm
Área	0,3 m ²

TABELA 7 – DADOS ELÉTRICOS E FÍSICOS DO INVERSOR SMC 11000TLRP-10.

[FONTE: CATÁLOGO DO FABRICANTE SMA.]

Este inversor possui característica de instalação tanto para a área externa quanto para a área interna do terminal aeroportuário, além de ser de pequeno porte, não produzir ruído e nem ter partes móveis, não provocando grandes alterações no ambiente onde é instalado.

Se instalado na área externa, ou seja, junto aos módulos fotovoltaicos, abaixo deles na estrutura de suporte, protegido das intempéries, possui uma grande vantagem, que é a diminuição do cabeamento em corrente contínua dentro do ambiente interno da edificação, diminuindo assim perdas e riscos de acidentes com esse tipo de corrente elétrica.

6.8 – Metodologia de cálculos

6.8.1- Determinação da potência do gerador fotovoltaico a ser conectado ao inversor

Após a escolha do tipo de inversor, do módulo a ser utilizado e de um valor adotado específico de FDI, calcula-se a potência do subsistema do gerador fotovoltaico, através da equação 2.1.

$$PG = \frac{P_{inv}}{FDI} \quad (2.1)$$

Onde:

FDI – Fator de dimensionamento do inversor;

P_{inv} – Potência nominal do inversor;

PG – Potência do subsistema do gerador fotovoltaico

6.8.2- Determinação do número módulos e sua configuração

Após a determinação da potência do subsistema, determina-se a quantidade de módulos necessária, através da equação 2.2. A potência máxima dos módulos pode ser vista nas tabelas 2.1.

$$N = \frac{PG}{PM} \quad (2.2)$$

Onde:

N – Número de módulos fotovoltaicos;

PM – Potência máxima dos módulos.

Após a determinação do número de módulos como o maior número inteiro inferior ao valor calculado, pois assim se garante o FDI, é feita a determinação do número de fileiras (strings), ou seja, como o gerador fotovoltaico será configurado, através das inequações 2.3 e 2.4. É importante observar as faixas de tensão de operação do inversor, para que os valores obtidos não ultrapassem os limites de operação, indicados na tabela 2.3.

$$VSmim < Voc \times NS < VSmax \quad (2.3)$$

$$VMPmin < VMP \times NS < VMPmax \quad (2.4)$$

Onde:

NS – Número de módulos fotovoltaicos em série;

$VSmim$ – Valor mínimo de operação na faixa de tensão do inversor;

$VSmax$ – Valor máximo de operação na faixa de tensão do inversor.

De acordo com os cálculos apresentados, encontra-se um número de módulos que são ligados em série, gerando o máximo nível de tensão que o arranjo fotovoltaico pode alcançar, de modo que não provoque nenhum dano ao inversor. Logo, o número de fileiras de módulos ligadas em paralelo será encontrado através da equação 2.5, devendo o resultado ser arredondado para o número inteiro mais próximo.

$$Np = \frac{N}{NS} \quad (2.5)$$

Onde:

Np – Número de fileiras de módulos fotovoltaicos ligadas em paralelo.

6.8.3– Determinação da potência do subsistema do gerador fotovoltaico

Após determinar a configuração e a quantidade de módulos por subsistema fotovoltaico, a potência do subsistema do gerador é revalidada pela equação 2.6.

$$PG = N \times PM \quad (2.6)$$

6.8.4– Determinação da quantidade de subsistemas e da potência máxima do gerador

Verifica-se a área disponível para a instalação do SFCR e, através da equação 2.7, calcula-se o número de subsistemas para a área do SFCR. Porém, é necessário conferir a situação real disponível da área para acomodação dos subsistemas, verificando como será distribuída e qual a quantidade real dos subsistemas que podem ser instalados.

$$NFV = \frac{A}{AM} \quad (2.7)$$

Onde:

NFV– Número de subsistemas fotovoltaicos;

A – Área disponível para instalação do sistema fotovoltaico;

AM– Área do gerador fotovoltaico do subsistema.

Com a obtenção do número total de subsistemas fotovoltaicos instalados, a potência máxima gerada pelo sistema é calculada pela equação 2.8.

$$P_{max} = NFV \times PG \quad 2.8$$

Onde:

P_{max}– Potência máxima gerada pelo sistema fotovoltaico.

6.8.5- Energia produzida por um módulo

A energia produzida por um módulo nas condições do local pode ser obtida através da equação 2.9, e com a obtenção dessa energia produzida pelo módulo podemos calcular o número de módulos do sistema ou a energia produzida pelo sistema através da equação 2.11.

$$EM_{dia} = E_{sol} \times A \times \eta \quad 2.9$$

$$EM_{mes} = EM_{dia} \times 30 \quad 2.10$$

$$N = \frac{E_{prod}}{EM} \quad 2.11$$

EM_{dia}- Energia produzida por um módulo por dia;

EM_{mes}- Energia produzida por um módulo por mês;

E_{prod}- Energia produzida pelo sistema;

A - Área de um modulo escolhido;

η - Eficiência do módulo escolhido.

Através da equação 2.12 podemos calcular o número total de área necessária para instalação de todo o sistema fotovoltaico.

$$N = \frac{At}{AM} \quad (2.12)$$

Onde:

N – Número de total de módulos;

A – Área disponível total para instalação do sistema fotovoltaico;

AM – Área do módulo fotovoltaico.

6.9- Dimensionamento dos componentes do sistema

Primeiramente irei definir algumas variáveis que são:

- Este projeto será instalado em dos parques de estacionamento do aeroporto que são áreas totalmente descobertas, a ideia é aproveitar essa instalação para servir como sombra para os veículos, o parque tem aproximadamente $5000m^2$;
- A ilha de São Vicente possui uma média de radiação quase que constante ao longo de todo o ano, por isso para os cálculos foi adotado o método da média da radiação que é de 6kw;
- $FDI = 0.9$;

O valor de FDI adotado é igual a 0,9, para obtenção de uma melhor eficiência do inversor, e a potência do inversor é 11.400 Wp. Logo, de acordo com a equação 2.1, a potência nominal do subsistema é 12.666 Wp.

Após a determinação da potência do subsistema, determina-se a quantidade necessária de módulos, através da equação 2.2. A potência máxima do módulo pode ser vista na tabela 2.1. O número de módulos neste caso é aproximadamente 42,22, sendo considerados 42 módulos.

Determinado o número de módulos, é feita a escolha da montagem do sistema. Vale lembrar que a tensão do inversor está na faixa de 333 V a 500 V, conforme mostrado na tabela 2.3, e as tensões dos módulos são: $V_{oc} = 45,6$ V e $V_{mp} = 36,87$ V, conforme visto na tabela 2.1. Logo, de acordo com as inequações 2.3 e 2.4, tem-se:

$$333 \leq 45,6 \times NS \leq 500V \quad 2.3$$

$$45,6 \times 10 < 456V$$

e

$$333 \leq 45,6 \times NS \leq 500V \quad 2.4$$

$$36,87 \times 10 < 368,7V$$

De acordo com os cálculos realizados, nota-se que a condição de 10 módulos por fileira fornece tensão adequada ao inversor, mesmo o valor de Voc não sendo o seu máximo, visto que a temperatura média local é superior a 25°C.

Usando a equação 2.5, determina-se um subsistema de 4 fileiras com 10 módulos cada, totalizando a quantia de 40 módulos por subsistema, reduzindo o número de módulos inicialmente determinado, para uma melhor configuração do subsistema. De acordo com a equação 2.6, a potência do gerador será de 12.000 Wp.

$$12000Wp = 40 \times 300Wp$$

Como cada módulo possui aproximadamente 1,96 m², 40 módulos possuem uma área de aproximadamente 78,4m². A área disponível para a instalação do sistema é de aproximadamente 5000m², que é referente à área do parque de estacionamento do aeroporto. Mas nem toda essa área será necessário visto que objetivo é suprir uma parte da energia ativa gasta pelo aeroporto que é cerca de 37312,16667KWh mensal.

A total de energia a ser instalado será de 60% da energia gasta no aeroporto, a decisão de 60% foi porque para suprir toda a energia gasta no aeroporto seria necessário u enorme investimento inicial o que nem sempre é possível.

- 60% de 37312,16667KWh/m = 22387.3 KWh/m

Usando a equação 2.9 e 2.10 encontra-se o valor da energia produzida por um modulo por dia de aproximadamente 1800Wh e mensal de 54KWh, através desses valores já encontrados e usando a equação 2.11 calcula-se o número de módulos total necessários para produzir a energia pretendida que é cerca de 415.

$$1799,28Wh = 6000 \times 1,96 \times 0,153$$

$$54KWh = 1,8 \times 30$$

$$415 \cong \frac{22387.3}{54}$$

Encontrando o número total de módulos necessários e o número de módulos por subsistema, agora é só dividir o número total de módulos pelo número de módulos por subsistema e encontraremos quantos subsistemas serão necessários.

$$10,375 = \frac{415}{40}$$

De acordo com os cálculos, o número de subsistemas necessário é de 10,375 unidades.

Considerando espaçamento entre os módulos e cada subsistema, para facilitar a passagem para a realização de montagem, manutenção e limpeza, optou por reduzir esse número para 10 subsistemas, logo o número total de módulos será 40×10 dando um total de 400 módulos.

Visto que foi reduzido o número de módulos será necessário calcular quanto que o sistema ira produzir com esses módulos, voltando a usar a equação 2.11.

$$400 = \frac{E_{prod}}{54} \quad E_{prod} = 400 \times 54 = 21600 \text{Kwh/mes}$$

Agora podemos calcular a área total necessária para a instalação usando a equação 2.12 ou também como já sabemos que um subsistema de 40 módulos ocupa uma área de $78,4m^2$ então é só usar uma regra dos três simples e encontraremos a área total do sistema.

$$400 = \frac{At}{1,96} \quad At = 400 \times 1,96 = 784m^2$$

Usando a regra dos três simples;

$$\frac{40}{400} = \frac{78,4}{At} \quad At = \frac{400 \times 78,4}{40} = 784m^2$$

Como foi verificado nos cálculos acima em ambas as equações temos o mesmo valor para a área encontrada que é de $784m^2$.

Com o total de 10 subsistemas FV, de acordo com a equação 2.8, a potência máxima nominal do sistema é de 120000 Wp, ou seja, aproximadamente 120 KWp.

A tabela 2.5 apresenta um resumo dos cálculos efetuados, utilizando o inversor SMC 11000TLPR-10 e o módulo AVP72M.

Total de módulos por subsistema	40
Nº de módulos por fileira	10
Nº de fileiras	4
Potência gerada por cada subsistema fotovoltaico (Wp)	12.000
Total de subsistemas fotovoltaicos	10
Potência nominal aproximada do sistema fotovoltaico (KWp)	120
Energia produzida pelo Sistema mensalmente (KWp)	21600
Área total da instalação do sistema (m ²)	784

TABELA 8 – RESUMO DOS CÁLCULOS EFETUADOS.

[FONTE: AUTOR]

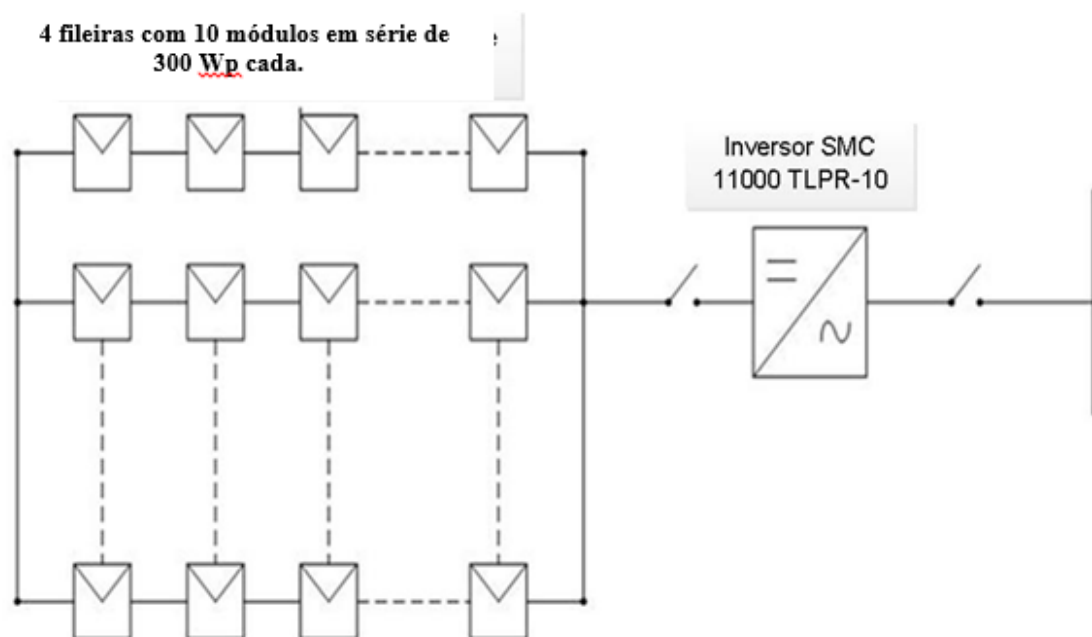


FIGURA 32– DIAGRAMA UNIFILAR DE UM DOS 10 SUBSISTEMAS

[FONTE: AUTOR]

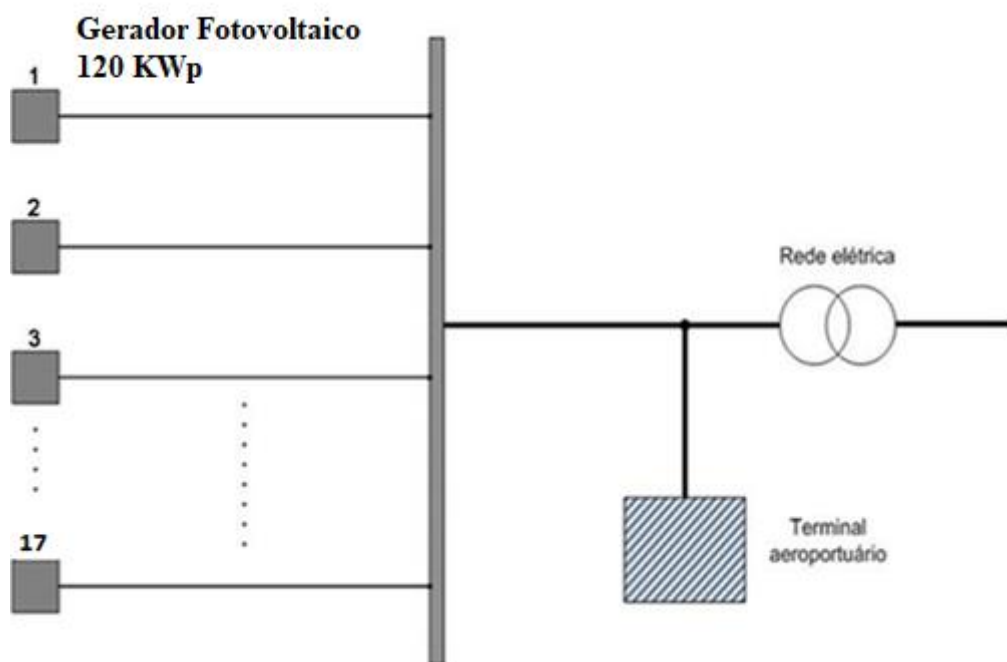


FIGURA 33 – DIAGRAMA UNIFILAR DO SFCR.

[FONTE: AUTOR]

6.9.1-Dimensionamento das cablagens

Em primeiro lugar é importante referir que será efetuada uma abordagem muito superficial ao dimensionamento dos cabos elétricos para sistemas fotovoltaicos. Esta opção justifica-se pelo facto de que o principal objetivo deste trabalho não visa desenvolver o estudo detalhado das instalações elétricas. Na verdade, com este trabalho pretende-se fundamentalmente efetuar o dimensionamento do sistema gerador, e também estimar a energia produzida pelo sistema fotovoltaico face à intensidade de radiação solar incidente no local da instalação. Neste contexto, na instalação elétrica de um sistema fotovoltaico, deve-se apenas usar cabos que cumpram os requisitos para este tipo de aplicação, uma vez que em corrente contínua, as cablagens estão sujeitas à ação de forças de natureza eletromagnética (correntes paralelas de sentido inverso) e também ao aquecimento por efeito de Joule. Em primeiro lugar, é necessário distinguir entre os *cabos de fileira*, *cabo principal DC* e *cabo do ramal AC*.

O dimensionamento das cablagens DC deve seguir as normas estipuladas no R.T.I.E.B.T para instalações elétricas. Esse dimensionamento deve garantir que a queda máxima de tensão no cabo seja igual ou inferior ao valor estipulado para o sistema e que o cabo

suporte a corrente de serviço. Para garantir que a queda de tensão máxima não seja ultrapassada, podemos utilizar dois métodos, o da queda de tensão admissível, ou o da secção mínima (de acordo com a secção 525 do R.T.I.E.B.T). Utilizando o primeiro método, a secção mínima é dada pela seguinte equação (Morais, 2009, p. 108):

$$S_{DC} = \frac{2 \times Lm \times Ifi}{\sigma \times V\%} \quad (2.13)$$

Na qual, SDC é a secção do cabo em mm^2 ; IFi é a corrente do módulo ou fileira em Amperes (na prática utiliza-se o I_{sc} (STC)) 5; Lm é o comprimento dos condutores, em metros; V% é a queda de tensão em Volts (1% V_{mpp} (STC)); e σ é a condutividade do condutor (=35,5 para cobre e 22,2 alumínio, segundo a secção 525 do R.T.I.E.B.T);

Na tabela 9 apresentamos os valores dos parâmetros da equação, da secção obtida e da secção escolhida.

Tipo Cablagem	Dados sistema fotovoltaico				Cobre σ [mS/ Ω]	Secção Calculado [mm ²]	Secção nominal [mm ²]
	I_{sc} [A]	Lm [m]	U_{mpp} [V]	1% U_{mpp} [V]			
Cabo DC	8,77	100	36,87	0,3687	35,6	3,62	4

TABELA 9 - VALORES DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO

Segundo a norma europeia IEC 60364-7-712, deve-se dimensionar o cabo para que ela suporte uma corrente máxima de $1,25 \times I_{sc}$, e para uma tensão $\geq 1,15 V_{oc}$, de acordo com a Tabela 9, optou-se por escolher um cabo de cobre da General Cable, referência Exzhellent solar $1 \times 4 mm^2$, preferencialmente de cor vermelha no condutor positivo e preta no condutor negativo.

6.9.1.1-Dimensionamento das cablagens AC

Para o cálculo da secção da cablagem AC, o procedimento é semelhante ao anterior e a expressão é semelhante, mas multiplicada pelo fator de potência e substituindo o valor de I e U para os respectivos valores eficazes, e é dada segundo a secção 525 das R.T.I.E.B.T.

$$S_{AC} = \frac{2 \times L_{AC} \times I_N \times \cos \varphi}{(3\% \times V_n \times \sigma) - (2 * L_{AC} * I_N * \lambda * \sin \varphi)} \quad 2.14$$

Na qual S_{AC} é a Secção do cabo de ligação do ramal em mm^2 ; L_{AC} é o comprimento do cabo do ramal em metros; I_N é a corrente nominal eficaz de saída do inversor em Amperes; σ é a condutividade do condutor (=35,5 para cobre e 22,2 alumínio) em mS/mm^2 ; V_n é o valor da tensão eficaz da rede em Volts, $\cos \varphi$ é o fator de potência mínimo admitido pela rede, e λ é $0,00008 \Omega/m$.

Na tabela apresenta-se os valores dos parâmetros da equação, da secção obtida e da secção escolhida.

Tipo de Cablagem											
	Potência do Inversor [W]	Vn(Rede) [V]	3%Vn [V]	In(Inversor) [A]	Lac [m]	Cosφ	senφ	λ [Ω/m]	σ[m S/Ω]	[mm²]	[mm²]
Cabo AC	11400	220	6,6	2,39	50	0,8	0,6	0,0008	35,5	6,51	10

TABELA 10- VALORES PARA O CÁLCULO DA SECÇÃO DO CABO AC

6.9.1.2- Corrente máxima admissível nos cabos DC e AC

Visto que as canalizações serão feitas através de condutores isolados em condutas circulares (tubos) montados à vista, escolheu-se como referência para o cálculo das correntes máximas dos cabos o método B (ver quadro 52 H da secção 521.3 das R.T.I.E.B.T.).

A Corrente máxima admissível no cabo é dada pela Equação 2.15: de acordo com o R.T.I.E.B.T6 Equação 2.14:

$$I[A] = A \times S^m \quad 2.15$$

Na qual I é a corrente admissível no cabo em Amperes, S é secção nominal do condutor em mm^2 , A é um coeficiente que depende do cabo e do método de instalação e m uma constante. Substituindo os valores de A (ver quadro 52-C1, do R.T.I.E.B.T) e de m (ver quadro 52-C1, do R.T.I.E.B.T), obtiveram-se os valores das correntes máximas admissíveis dos cabos escolhidos (ver última coluna da tabela 10) que são superiores às correntes de serviço nos cabos.

Tipo Instalação	Material do condutor	Secção [mm ²]	A	m	I [A]
AC	Cobre	10	13,5	0,625	56,93
DC	Cobre	6	13,5	0,625	41,37

TABELA 11- CORRENTE MÁXIMA ADMISSÍVEL NOS CABOS ESCOLHIDOS

6.9.2-Dimensionamento das proteções do lado DC

6.9.2.1-Interruptor de corte geral DC

A norma Europeia IEC 60364-7-712 exige um interruptor de corte geral (interruptor DC) DC entre o sistema fotovoltaico e o inversor, para ser utilizado como dispositivo de corte de energia elétrica, facilitando trabalhos de manutenção e operação.

O interruptor deve ser bipolar e possuir poder de corte adequado para que a sua abertura seja efetuada com segurança. Este deverá ser dimensionado para a tensão máxima de circuito aberto do sistema à temperatura de 10°C ($V_{ocmáx}(10^\circ)$) 7 e para 125% da corrente máxima do sistema fotovoltaico (I_{SC}). Assim, a corrente estipulada do aparelho de corte, I_{nDC} , deverá respeitar as seguintes restrições:

- i) Se for apenas um interruptor,

$$I_{nDC} \geq 1.25 \times I_{scFV} \text{ e } V \geq V_{oc}(10^\circ) \quad 2.16$$

Fusível de Fileira[Proteção de cabos de fileira]			
Isc=	8,77	Voc=	45,6
In_min=	10,96		
In_max	17,54		
Vmax_fus=	524,40		

TABELA 12- FUSIVEL DE FILEIRA

Na qual I_{nDC} é a corrente nominal do aparelho de proteção; I_{scFV} é a corrente de curto-circuito do sistema fotovoltaico; V é a tensão máxima do aparelho de corte; V_{oc} é a tensão máxima de circuito aberto do sistema fotovoltaico;

- ii) Se for um disjuntor, como proteção deve-se escolher o calibre de acordo com a norma IEC 62548-1 (Noark, 2013, p. 11)

$$I_{nf} \geq 1.4 \times I_{sc} \text{ e } I_2 \leq 2.0 \times I_{sc} \quad 2.17$$

Na qual I_{nf} é a Intensidade limite de não funcionamento do aparelho de proteção e I_2 é a corrente de “fusão” do aparelho de proteção;

O disjuntor ainda deve suportar uma tensão máxima superior a V_{oc} (10°).

Note-se que a limitação superior do I_2 é para proteger os módulos nos casos em que há mais de duas fileiras, e assim não terá obrigatoriamente ser cumprido neste caso. Quanto à tensão, deverá ser maior ou igual ao dobro do valor especificado, pois a especificação de tensão máxima do disjuntor bipolar é relativa à queda de tensão entre os dois polos e em caso de falha, toda a tensão dos painéis poderá eventualmente ficar aplicada em apenas um dos pólos, isso nos casos em que o inversor não tem transformador de isolamento (Greenforce Energy).

6.9.3-Dimensionamento das proteções do lado AC

6.9.3.1-Dimensionamento da proteção contra sobrecargas

O valor de I_n (corrente estipulada) do aparelho de proteção do lado AC é definido pelas condições exigidas de ligação à rede, e previstas na secção 563.3 do R.T.I.E.B.T.- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

De acordo com a secção 433.2 das R.T.I.E.B.T, o aparelho de proteção contra sobrecargas deverá satisfazer simultaneamente as seguintes condições:

$$I_b \leq I_N \leq I \text{ e } I_2 \leq 1.45 * I \quad 2.18$$

Na qual I é a corrente máxima admissível no cabo

Para obter a corrente máxima de serviço utilizaremos a:

$$I_b = \frac{P}{(V \times \cos \varphi)} \quad 2.19$$

No qual I_b é a corrente de serviço do inversor em Amperes; V é a tensão eficaz da rede e \cos é o fator de potência do inversor;

Substituindo os valores na Equação 9.8 (Note-se que segundo a folha de dados do inversor o seu fator de potência é sempre maior do que 0,95), obtemos: I_b : 51,63 A.

6.9.4- Dimensionamento da proteção contra curtos-circuitos

O poder de corte dos aparelhos de proteção é determinado tendo em conta as correntes de curto-circuito máximas previsíveis, mas aconselha-se que seja consultado o distribuidor de energia elétrica (neste caso a ELECTRA S.A.R.L).

6.9.4.1- Dimensionamento da proteção contra correntes diferenciais residuais

A proteção contra choques elétricos é garantida através da utilização de um interruptor sensível à corrente diferencial-residual (diferencial) de alta sensibilidade (30mA). Utilizou-se um de 2x25 A, apesar de poder ser utilizado qualquer valor acima do valor da corrente de serviço, pois é o valor mínimo o existente no mercado nacional.

6.9.5-Escolha de dispositivo para proteção contra sobrecargas, curtos-circuitos e correntes diferenciais residuais

A proteção contra correntes diferenciais residuais é garantida através da utilização de um aparelho sensível à corrente diferencial-residual (diferencial). Este dispositivo compara a corrente que flui nos condutores de ida e de retorno do circuito elétrico. Caso a diferença entre as correntes for superior a um dado valor, (geralmente 30mA para os de alta sensibilidade), dispara rapidamente, geralmente em menos de 0.2s, isolando o circuito com defeito (Greenpro, 2004, p. 3.55).

6.9.6- Ligação à terra

As estruturas de suporte dos painéis fotovoltaicos são normalmente metálicas e por isso elementos condutores, podendo comportar-se como captadores de descargas atmosféricas. Nos sistemas ligados à rede, aconselham a ligação da estrutura dos painéis fotovoltaicos à terra, embora seja de estudar caso a caso, de acordo com as normas (Morais, 2009, p. 111).

O condutor de proteção/terra deve ser encaminhado através da via mais curta para o eletrodo de terra, preferencialmente em linha reta e vertical, e deve ser separado dos restantes condutores elétricos, devido aos riscos de descargas laterais por indução. Nos prédios que não possuem sistema de proteção contra descargas atmosféricas, os condutores de proteção/terra devem ter secção maior ou igual à 4mm^2 e também devem ter a mesma secção transversal que o cabo principal DC (Dias, 2009, p. 50).

6.10- Dimensionamento do sistema utilizando no HOMMER

O software de simulação a ser utilizado entra com estes fatores em linha de conta. A inclinação é um factor muito importante para se poder aproveitar a radiação solar disponível de forma otimizada. Em Cabo Verde, a inclinação varia de 10° a 20° , contudo nas várias simulações realizadas considerou-se um ângulo de 17° orientadas a sul, pelo fato do país ter uma baixa latitude (ALMADA, 2016).

O software proposto para simulação do sistema, HOMER, que foi desenvolvido pelo Nacional Renewable Energy Laboratory (NREL), para otimização de sistemas de geração de energia de micro e pequeno porte, baseados nas energias renováveis.

Para a modelagem do sistema, é preciso conhecer sua estrutura física e seus elementos.

O sistema instalado possui configuração de 400 painéis fotovoltaicos de 300 W da marca Módulo AVP72M, organizados em 10 subsistemas de 40 painéis em que 10 deles estão conectados em série e 4 em paralelo, em que a energia produzida diariamente é de 1224Kwh, onde pretende-se alimentar parte da energia consumida no aeroporto.

6.11- Simulações no software HOMER

Depois de estabelecidas as configurações do sistema solar, segue-se para a simulação da mesma pelo software HOMER. A escolha do programa deve-se a facilidade de modelagem e a opção de ferramentas que auxiliam na montagem e resultados mais precisos.

Alguns itens devem ser observados antes de começar a simulação. O programa possui uma notação diferente da usual em Cabo Verde, então onde precisar ser usado vírgula o programa usa ponto e onde usamos ponto o programa utiliza vírgula. Dados de capital devem ser convertidos para dólar, pois é a moeda que o HOMER utiliza.

O primeiro passo da simulação no HOMER é a montagem do sistema. A interface inicial do software HOMER contém o item de adicionar e remover elementos para o sistema escolhido. Dessa forma modela-se o sistema solar de estudo.

Para o sistema fotovoltaico, adiciona-se a carga primária (consumo do aeroporto), o PV (gerador fotovoltaico), o inversor, e conecta com a rede como ilustrado na FIGURA 34:

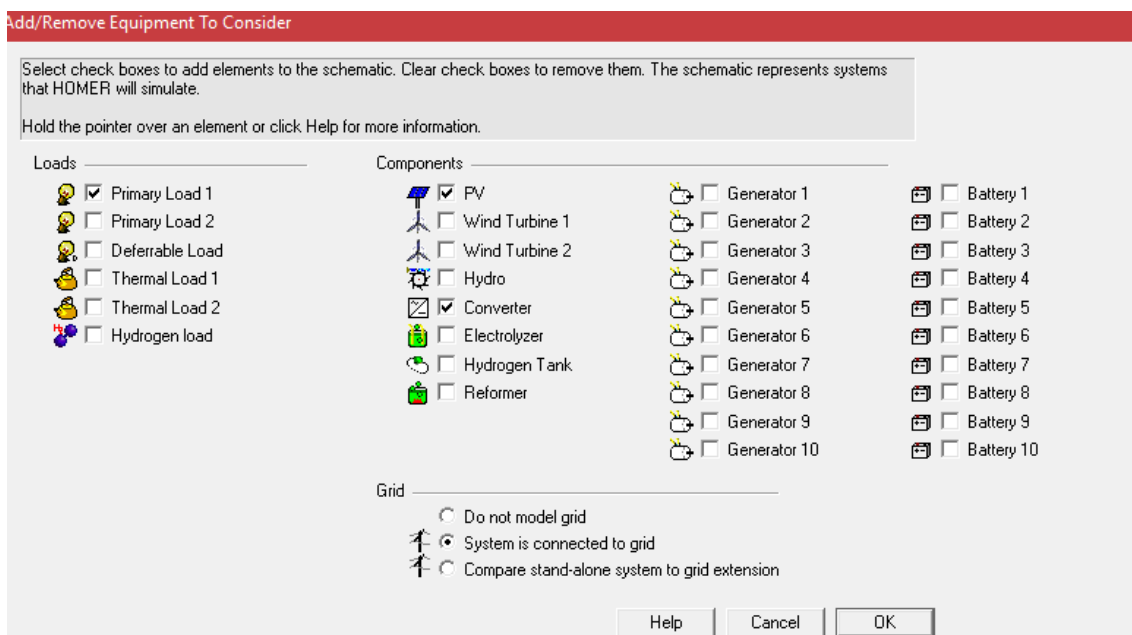


FIGURA 34- ADIÇÃO E REMOÇÃO DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Esta estrutura serve de base para diversos sistemas fotovoltaicos desejado, porem existe itens a serem obtidos que são comuns e estão listados na sequência:

- Preço da energia elétrica cobrada pela Electra para Media tensão é de 27\$63 já incluídos os impostos;
- Consumo médio diário de aproximadamente 1244 KW/h;
- Tarifa única de conexão com a rede 339\$00;
- Perfil de irradiação solar de São Vicente.

6.12- Simulação inicial para o sistema real

O software dimensiona neste caso apenas os painéis fotovoltaicos e o inversor, pois consiste em um sistema sem baterias. Iniciou-se o dimensionamento introduzindo a potência requerida pelo sistema de 1244 KWh durante 24Horas de funcionamento diário, período de funcionamento do aeroporto, obtendo um diagrama de carga diário, apresentado a seguir:

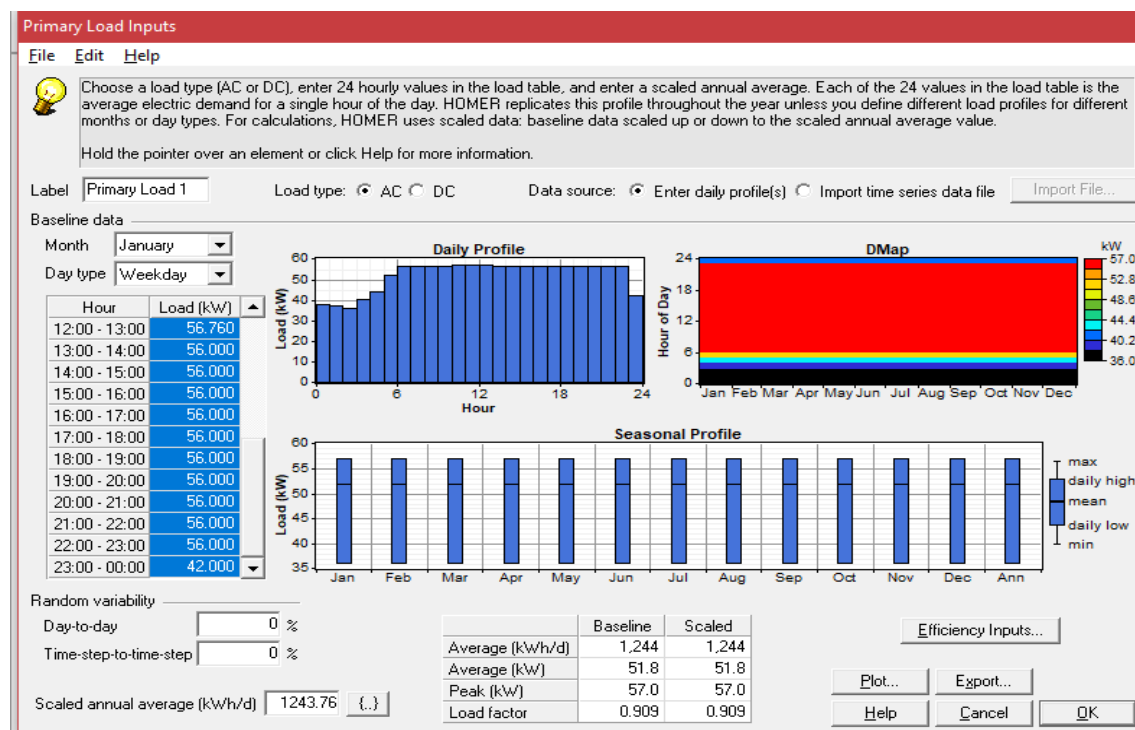


FIGURA 35- DADOS DE ENTRADA DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

A partir das entradas do perfil de carga o HOMER gera um gráfico do perfil de carga de potência em função das horas.

Como o sistema é conectado à rede é necessário entrar com alguns parâmetros solicitados pelo programa como: preço pago pela energia elétrica, taxa de conexão com a rede, capacidade de venda de energia elétrica para rede e capacidade de compra de eletricidade da rede.

Como o software é internacional a moeda que é utilizada é o dólar americano, então torna-se necessário a alteração do escudo Cabo-verdiano, para o dólar. Utilizando conversor de moeda, o preço da energia elétrica ficou em \$ 0,28, e o restante das entradas solicitadas pelo programa não são necessárias para essa simulação.

The screenshot shows the 'Grid Inputs' window in the HOMER software. The 'Rates' tab is selected, and the 'Scheduled rates' radio button is chosen. The 'Rate schedule' section is active, showing 'Step 1: Define and select a rate'. A table lists 'Rate 1' with a Price of 0.290 (\$/kWh), Sellback of 0.150 (\$/kWh), and Demand of 0.000 (\$/kW/mo). To the right is a 'Rate Schedule' chart with a grid for 'Time of Day' (00:00 to 24:00) and months (Jan to Dec). The chart is currently filled with green, indicating 'Rate 1' applies 'All week'. A legend on the right shows 'All week' (green square), 'Weekdays' (black square), and 'Weekends' (white square). Below the chart, 'Step 2: Select a time period' has 'All Week' selected. 'Step 3: Click on the chart to indicate when the selected rate applies.' is followed by 'Net metering' options: 'Net purchases calculated monthly' (selected) and 'Net purchases calculated annually'.

Rate	Price (\$/kWh)	Sellback (\$/kWh)	Demand (\$/kW/mo)
Rate 1	0.290	0.150	0.000

Figura 36- ENTRADAS DA REDE ELÉTRICA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Em seguida insere-se a taxa de conexão com a rede. E também insere a capacidade de venda de energia elétrica para rede e a capacidade de compra de energia da rede, como na FIGURA 37:

Grid Inputs
File Edit Help

Click Add to add as many rates as necessary. Select a rate and click on the diagram to indicate when each rate applies.
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Rates Emissions Advanced Forecasting

Additional charges

Interconnection charge (\$) 3.49 {...}

Standby charge (\$/yr) 0 {...}

Purchase and sales capacities

Sale capacity (kW) 1224 {...}

Purchase capacity (kW)
1244.000

Constraints

☐ Maximum net grid purchases (kWh/yr) 0 {...}

Control parameters

☐ Prohibit grid from charging battery above power price of (\$/kWh) 0.15 {...}

☐ Prohibit any battery charging above power price of (\$/kWh) 0.15 {...}

☐ Prohibit battery from discharging below power price of (\$/kWh) 0.1 {...}

☐ Prohibit grid sales from battery below sellback rate of (\$/kWh) 0.05 {...}

☐ Prohibit any grid sales below sellback rate of (\$/kWh) 0.05 {...}

Help Cancel OK


Figura 37- ENTRADAS ADICIONAIS DA REDE ELÉTRICA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Para o inversor, necessário para converter corrente contínua em corrente alternada, as entradas são: tamanho dos inversores em kW, o capital em dólares (\$), custo de substituição, custo de manutenção anual, tempo de vida útil dos inversores e sua eficiência, observados na FIGURA 38:

Converter Inputs

File Edit Help

 A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
114.000	42450	42450	3000
{.}	{.}	{.}	{.}

Sizes to consider

Size (kW)
114.000

Inverter inputs

Lifetime (years) {.}

Efficiency (%) {.}

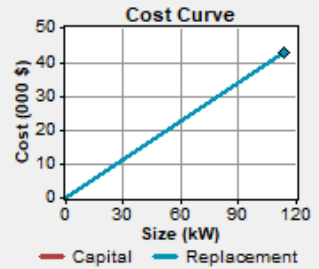
☒ Inverter can operate simultaneously with an AC generator

Rectifier inputs

Capacity relative to inverter (%) {.}

Efficiency (%) {.}

Cost Curve



Cost (000 \$)

Size (kW)

— Capital — Replacement

Help Cancel OK

Figura 38- ENTRADAS DO INVERSOR.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

A eficiência e o tempo de vida útil do conversor estão de acordo com os dados disponibilizados pelo fabricante em seu manual.

Como se trata de um sistema com fonte solar, é necessário buscar em banco de dados os recursos solares, que para o programa são os dados de irradiação solar em São Vicente. Sendo que no programa existe uma opção onde através da internet inserindo a localidade, latitude e longitude o programa automaticamente busca os dados solares mensais do local pretendido. Os dados são mostrados na FIGURA 39.

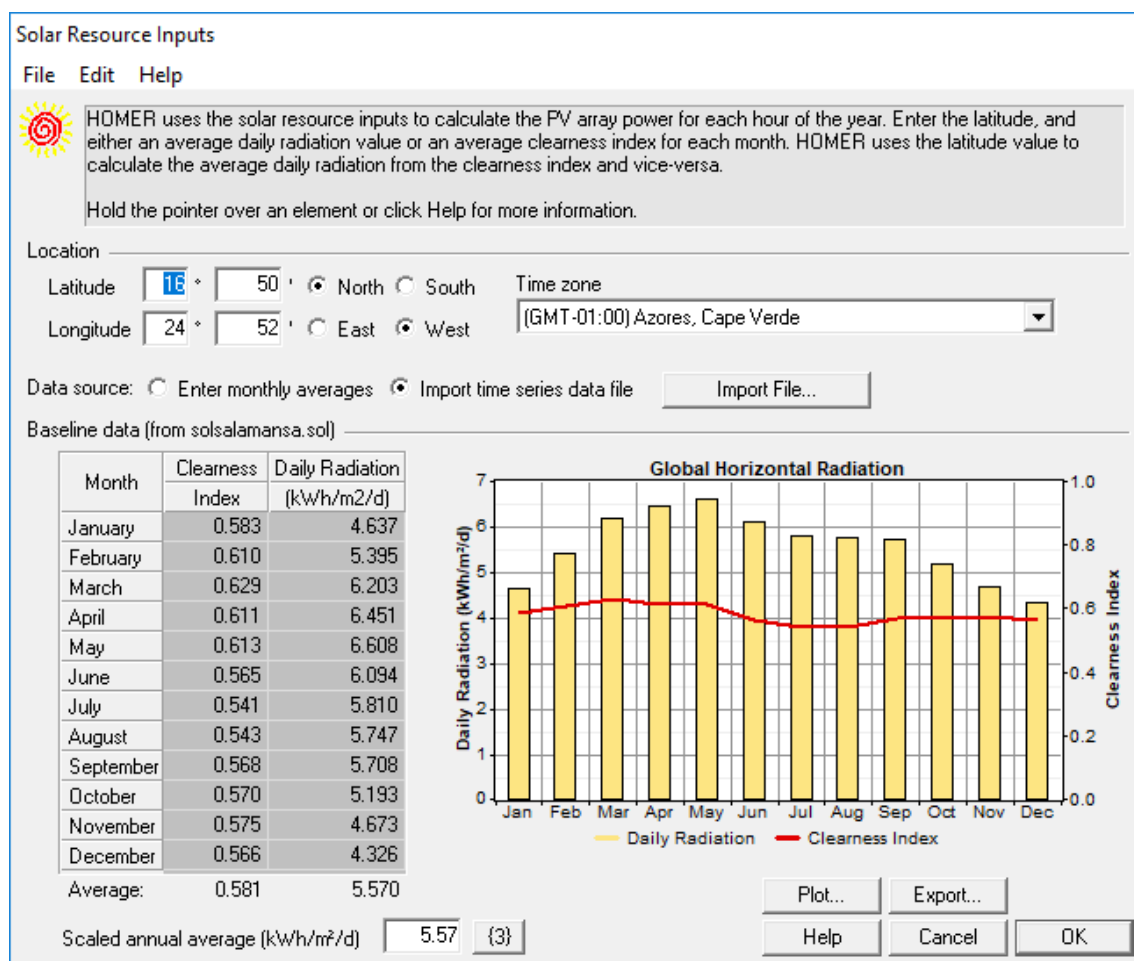


FIGURA 39- DADOS DE ENTRADA DO RECURSO SOLAR COM BASE NA LOCALIZAÇÃO.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

As entradas para o gerador fotovoltaico incluem o tamanho da planta, que significa a potência que ela é capaz de produzir, o capital gasto com equipamentos e mão de obra, o custo de substituição dos painéis fotovoltaico, custo de manutenção por ano, tempo de vida útil, inclinação e azimuth, mostrado na FIGURA 40.

PV Inputs

File Edit Help

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
216.000	193104	193104	5000

{ }

{ }

{ }

Sizes to consider

Size (kW)
216.000

Cost Curve

Cost (000 \$)

Size (kW)

— Capital — Replacement

Properties

Output current ☐ AC ☒ DC

Lifetime (years) { }

Derating factor (%) { }

Slope (degrees) { }

Azimuth (degrees W of S) { }

Ground reflectance (%) { }

Advanced

Tracking system No Tracking

☐ Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C) { }

Nominal operating cell temp. (°C) { }

Efficiency at std. test conditions (%) { }

Help
Cancel
OK

Figura 40- ENTRADAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

A inclinação dos painéis acompanha a latitude do local que é de aproximadamente 17° e o azimute do local é de 0°

6.13- Análise dos resultados da simulação

O software apresenta resultados para as questões econômicas e também para as questões de operação e eficiência. Mostrando o desempenho que o sistema possui de acordo com a configuração modelada.

Para a simulação inicial do sistema da planta solar, o primeiro resultado que o programa gera é o fluxo de caixa, como mostrado na FIGURA 41:

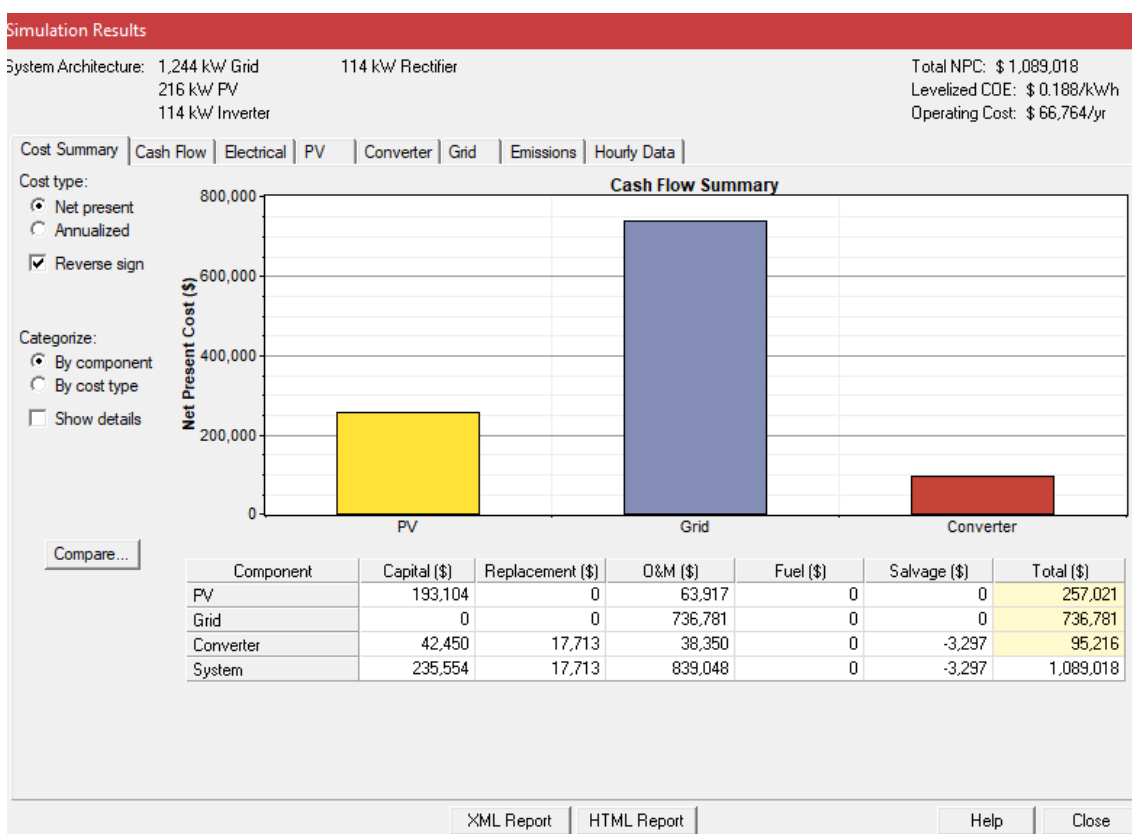


Figura 41- RESUMO FLUXO DE CAIXA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

O fluxo de caixa organiza os gastos e o que vai ter de retorno no sistema durante o tempo estabelecido de 25 anos. Pode se observar que durante esse período os painéis fotovoltaicos não precisam ser substituídos, pois o tempo de vida útil deles é de 25 anos. Porém, os inversores precisam ser substituído em 15 anos, respectivamente. Dessa maneira o programa calcula os gastos obtidos no capital inicial dos equipamentos, substituição ao longo dos anos, a manutenção necessária por anos, e o que o sistema retorna.

A FIGURA 24 mostra uma linha do tempo do fluxo de caixa em 42 anos do projeto:

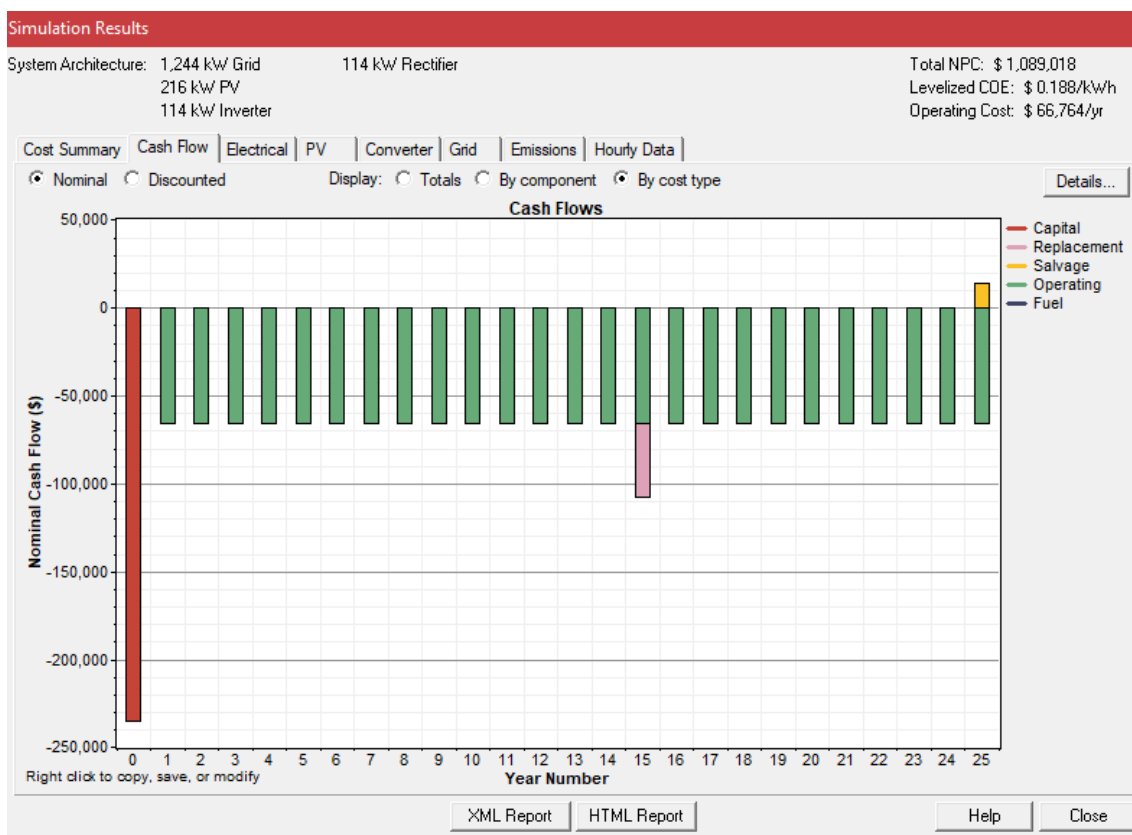


Figura 42- FLUXO DE CAIXA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

O software faz os cálculos da produção de energia do gerador fotovoltaico de acordo com os parâmetros inseridos. Mostra quanto de energia por ano o arranjo fotovoltaico produz, e quanto de energia é necessário importar da rede elétrica, mostrando os valores em kWh/ano e também por porcentagem.

O HOMER também calcula quanto de energia será consumida pela carga primária e quanto de energia poderá ser injetada na rede, ou seja, o excedente da produção. Os valores são organizados em kWh/ano e também por porcentagem como mostrado na FIGURA 43.

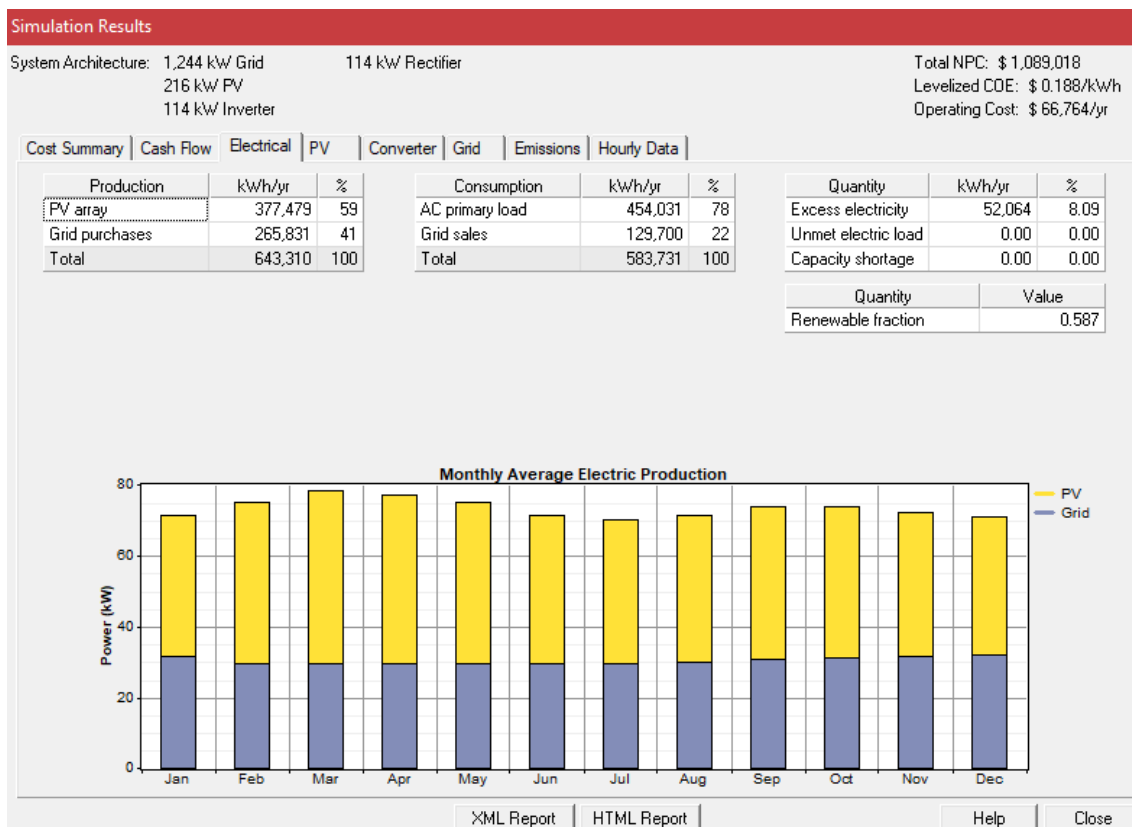


Figura 43- RESULTADOS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Por ano será necessário a importação de 265,831 MWh para o abastecimento do carro durante a noite. E o PV gera o mesmo que a simulação inicial 377,479 MWh/ano.

De acordo com o perfil de irradiação solar de São Vicente (São Pedro), onde está instalada a planta solar, o software consegue elaborar um gráfico que mostra a produção elétrica média durante o ano, com valores de potência em kW gerados pelo PV e também o que foi importado da rede elétrica.

As saídas do PV estão organizadas em capacidade nominal em kW, saída média de potência em kW, saída média de produção de energia por dia em kWh/dia, fator de capacidade em porcentagem, máximas saídas e a produção total de energia por ano, como mostra a FIGURA 44.

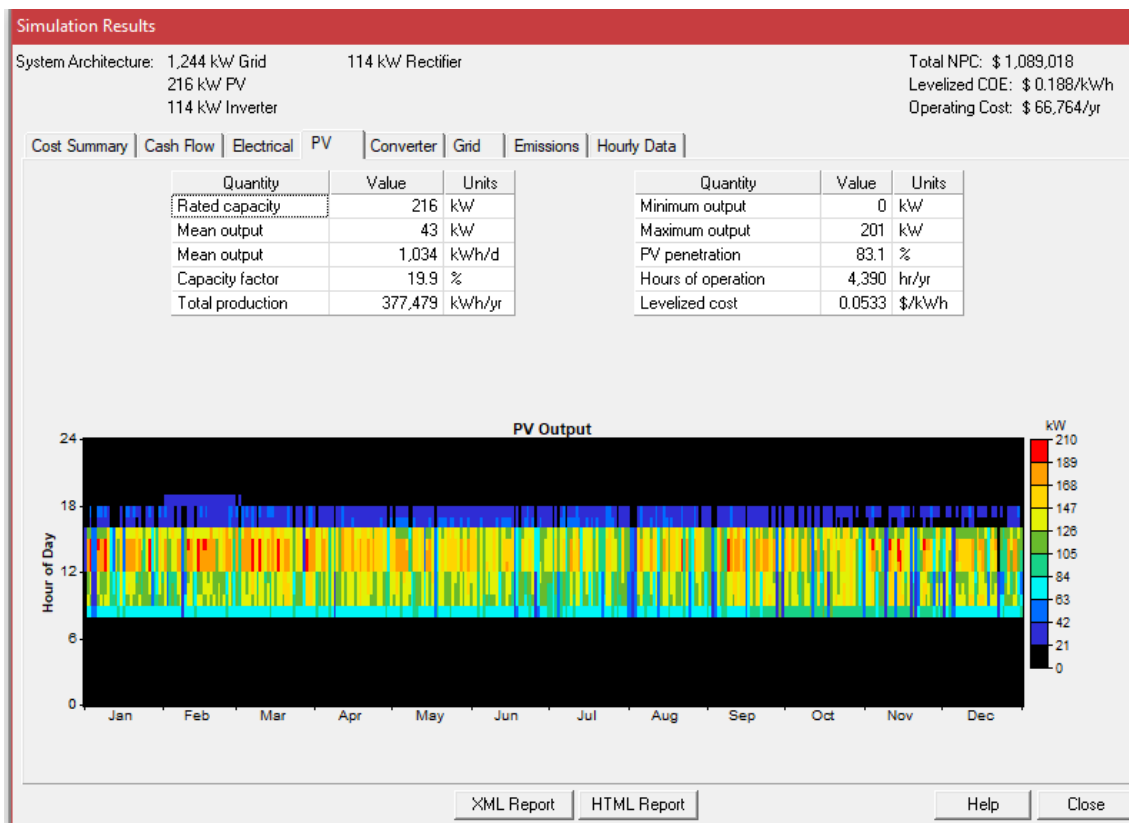


Figura 44- SAÍDAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

O inversor deve ser capaz de converter corrente contínua em corrente alternada. Então a saída do inversor deve seguir esse princípio.

O HOMER calcula e registra a saída média do inversor em kW, a máxima saída em kW e também o quanto de energia entrando no inversor e o quanto de energia que sai do inversor durante um ano em kWh/ano.

O programa considera que o sistema é bidirecional então por isso o uso do retificador que fará o papel de conversão de corrente alternada que vem da rede, para corrente continua que seria utilizada para carregar a bateria. Porém o sistema real não trabalha dessa forma, mas o software exige que seja inserido um valor de compra de energia da rede. Esse valor foi posto no mínimo, por isso o resultado do retificador fica como se fosse zero.

Os dados estão organizados na FIGURA 45:



Figura 45- SAÍDAS DOS INVERSORES.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Para a rede elétrica o software gera um gráfico que mostra o quanto de energia foi injetada na rede e o quanto de energia foi necessária ser importada da rede para todos os meses do ano, em kWh como mostrada na FIGURA 46.

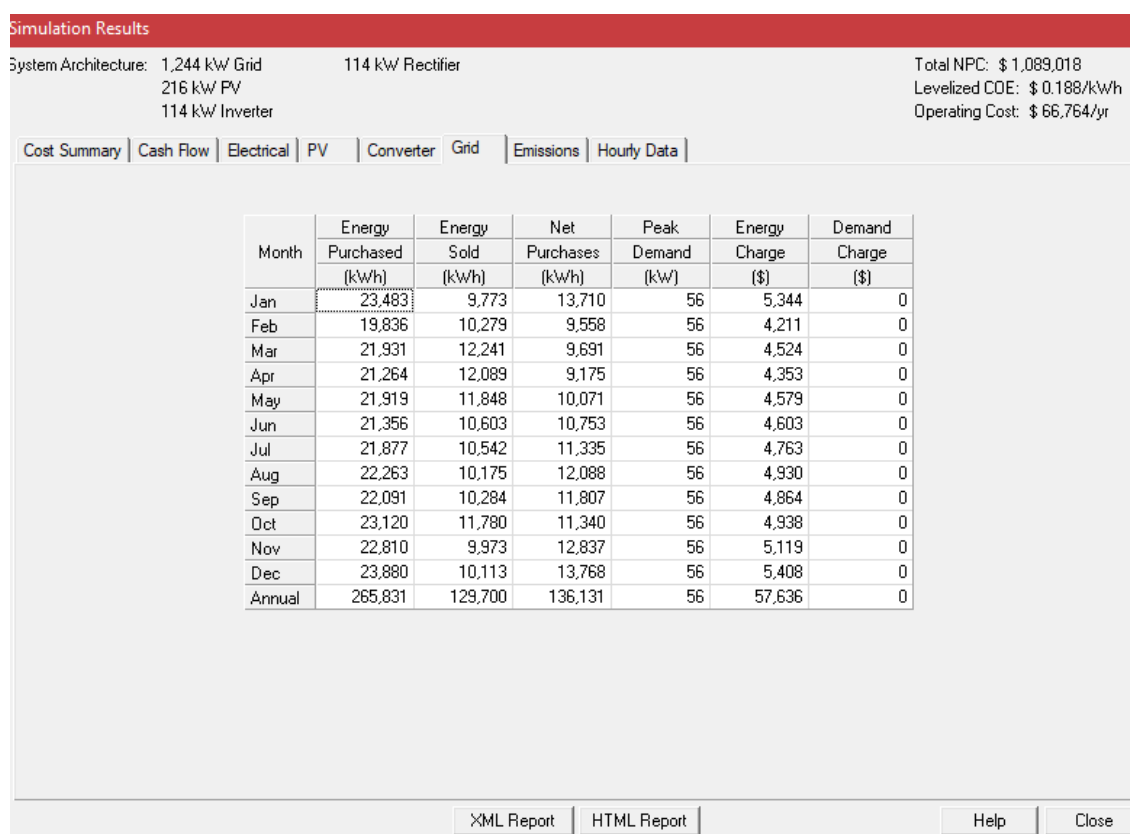


Figura 46- SAÍDA DA REDE ELÉTRICA.

[FONTE: SOFTWARE HOMER]

Outro aspecto importante observado no resultado da rede elétrica é o quanto em dólares o sistema adquire em cada mês pela exportação de energia para a rede. Lembrando que o sistema real conectado à rede está localizado no em Cabo Verde onde não ocorre a venda de energia, e sim o sistema de net metering, então esse valor seria o que o Aeroporto obteriam de crédito para ser abatido na conta de energia elétrica.

6.14- Análise de viabilidade económica

Segundo o relatório apresentado pelo HOMMER (ver anexo) o custo nivelado de 1KW/h é de (16\$00 ECV), que se afigura abaixo do preço que normalmente ELECTRA vende 1KW de energia (27\$00 ECV), este é ser um dos motivos para se afirmar que o projeto é economicamente viável.

Segundo IEA (International Energia Agency), Agencia Internacional de Energia e outras entidades da especialidade, assumem para sistemas fotovoltaicos ligados à rede, o custo em média é de cinco euros por cada Watt pico instalados (5€/Wp)

A potência total dos painéis é de 216.000 Wp, multiplicando este valor por 5 € e pela taxa de câmbio (1€ “Euro” = 110.265\$00 “Escudos cabo-verdiano”) temos:

$$C_{inv.I} = 216000Wp \times 5€ \times \frac{110.265ECV}{1€} = 119086200ECV$$

Os custos de operação e manutenção são normalmente de 1 ou 2 % do investimento inicial. Para esse projeto considera-se 2% do investimento inicial.

$$C_{op} = 119086200ECV \times 0.2 = 23817240ECV$$

Neste caso o custo do investimento total será de:

$$C_{inv.t} = 119086200ECV + 23817240ECV = 142903440ECV$$

Calculado o custo do investimento pode-se calcular o tempo de retorno do investimento ou (PAYBACK), dividindo o custo do investimento pela poupança na tarifa anual (dado pelo relatório HOMER).

$$PAYBACK = \frac{C_{inv.T}}{Poupança\ Anual} = \frac{142903440ECV}{10191933ECV} = 14.0212 \cong 14\ anos$$

Estes resultados levam a afirmar que o projeto é bastante viável porque consegue gerar energia a um custo menor do que a empresa distribuidora ELECTRA. O tempo de vida útil de um sistema FV é de 25 anos no mínimo, enquanto que PAYBACK do projeto é de 14 anos, isso significa que o projeto terá 11 de lucratividade.

6.14- Manutenção do sistema fotovoltaico

Todo o sistema fotovoltaico carece de inspeção e manutenção regularmente, de forma a garantir uma operação eficiente e impedir em muitos casos a ocorrência de problemas futuros. A manutenção a ser realizada em sistemas fotovoltaicos é relativamente rápida e simples. Muitos procedimentos para uma boa manutenção preventiva podem ser realizados pelo próprio utilizador do sistema, mas há outros, tais como os procedimentos de manutenção corretiva, que exigem conhecimentos mais profundos acerca dos componentes do sistema fotovoltaico, e assim deverão ser realizados por pessoas devidamente preparadas e credenciadas para tal (GTES, 2004, p. 155).

Deve-se ainda considerar que em Cabo Verde a manutenção apresenta alguns constrangimentos, por falta de técnicos especializados na área e dificuldade em conseguir equipamentos e componentes no mercado, que em muitos casos têm de ser importados do exterior. Esses constrangimentos muitas vezes aumentam os custos e a duração das avarias.

É aconselhável fazer inspeções periódicas nos sistemas fotovoltaicos, pois desta forma, pequenos problemas que possam existir, poderão ser identificados e corrigidos de modo a não afetar a operação do sistema. A inspeção periódica nos sistemas fotovoltaicos deve ser iniciada logo após a instalação, quando ele, supostamente está funcionando sem anomalias (GTES, 2004, p. 156).

6.14.1- Manutenção dos módulos

6.14.1.1- Aspectos físicos

Na inspeção visual devem ser verificadas as condições físicas do módulo, certificando-se de que a cobertura de vidro está inteira e limpa, as células não apresentam sinais de rachaduras e descoloração, a armação e estruturas de montagem estão fixas sem pontos de oxidação e devidamente aterrados (GTES, 2004, p. 156).

Se o sistema estiver instalado num local onde o clima é empoeirado e com pouca chuva, os módulos podem necessitar de serem limpos mensalmente com água e detergente neutro, evitando neste caso o uso de detergentes ou solventes fortes (SEI, 2009, p. 168).

6.14.1.2- Aspectos elétricos

A intervenção elétrica deve ser feita para verificar o desempenho dos módulos fotovoltaicos, sempre que for verificada alguma queda de produção. Nesse caso aconselha-se a chamar um técnico especializado para medir a tensão de circuito aberto e a corrente de curto-circuito. O procedimento está indicado em (GTES, 2004, pp. 158,159).

6.14.2 Manutenção do inversor

6.14.2.1- Inversor

O inversor deve estar limpo, seco, ventilado e em ambiente seguro. Deve-se verificar se os sons emitido pelo inversor são normais e não indicam, necessariamente, sinais de falha. Sempre que for verificada alguma queda de produção ou alguma outra anomalia deve-se chamar um técnico especializado para inspecionar o inversor. Alguns dos procedimentos para avaliar o estado do inversor podem ser encontrados em (GTES, 2004, p. 164).

6.14.3- Cabos e dispositivos de proteção

Uma ligação que não esteja feita da forma mais correta poderá produzir um arco elétrico e causar um colapso no dispositivo, devido ao aumento da temperatura. De forma a evitar problemas sérios na instalação é essencial:

- i. Verificar se as conexões existentes estão firmes e sem danos;
- ii. Verificar se os dispositivos de proteção, tais como, fusíveis e disjuntores estejam danificados;
- iii. Verificar a ocorrência de curto-circuito ou aterramento inadequado com o sistema desligado e todos os interruptores de desconexão abertos, através de um ohmímetro;
- iv. Verificar a existência de continuidade do aterramento em todos os objetos metálicos do sistema fotovoltaico;
- v. Verificar se os cabos foram devidamente instalados, conforme os cálculos de dimensionamento de forma a evitar quedas de tensões elevadas;

Essas verificações deverão ser realizadas por um técnico especializado de dois em dois anos ou sempre que se verificar alguma anomalia relevante.

6.14.4- Estruturas de suporte

Na manutenção de estruturas de suporte deve-se (Pereira F., 2012, pp. 60,61):

- i. Apertar os terminais das estruturas se mostrarem sinais de folga;
- ii. Realizar obra da parte de civil para assegurar a reparação, se for notada a existência de fissuras ou despreendimento da estrutura da pavimentação;
- iii. Reapertar os terminais de terra, no caso de haver folgas;

Se for notada na inspeção, a existência de oxidação, ou perdas da cobertura de galvanização da estrutura aço, proceder de acordo com o capítulo 3.

7- CONCLUSÃO

O estudo relacionado a sistemas solares fotovoltaicos é de suma importância, pois o mundo necessita de formas alternativas de energia, devido a aumento da utilização da eletricidade, da escassez de recursos convencionais de energia elétrica e que inclusive não causem impactos negativos ao meio ambiente.

A utilização de sistemas fotovoltaicos vem apresentando um crescimento acentuado no cenário mundial. Muitos países incorporaram a energia solar à sua matriz energética e implantaram programas nacionais de incentivo a utilização dessa fonte de energia.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição apresentam características vantajosas como modularidade, perdas minimizadas na rede de transmissão e distribuição, possui recurso inesgotável de energia, e é livre da emissão de gases causadores do efeito estufa.

Cabo Verde possui abundante recurso solar, e isso contribui para que os sistemas fotovoltaicos conectados à rede tendam a se tornar cada vez mais frequentes em Cabo Verde.

Este estudo mostra a viabilidade técnica e econômica para a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) na cobertura do terminal do aeroporto internacional Cesária Évora.

A utilização de áreas aeroportuárias para a instalação de SFCRs tem um papel muito importante na divulgação da tecnologia fotovoltaica. No caso particular do complexo aeroportuário de São Vicente, nota-se uma demanda bastante elevada em boa parte do dia. Isso está associado aos períodos de maior demanda do aeroporto, por parte dos usuários, bem como com a carga térmica para condicionamento de ar demandada pelo mesmo. O último aspecto torna a aplicação dos SFCRs mais interessante, pois evidencia uma redução na demanda, no período diurno.

Apesar do elevado custo para implantação do sistema, é importante lembrar os ganhos ambientais e sociais que essa tecnologia de produção de energia elétrica proporciona, e também ele se auto pagará em um prazo de aproximadamente 14 anos, obtendo mais 11 anos de lucro.

A aviação é responsável por 3,5% das emissões globais de CO₂, com expectativa de dobrar nos próximos 15 anos. Apesar de estarem fora do protocolo de Kyoto, pode-se adotar o princípio poluidor-pagador, visando o pagamento do sistema fotovoltaico.

Como sugestão para trabalhos futuros nessa área tem-se:

- Ampliação do SFCR em novas áreas no complexo aeroportuário;
- Monitoramento da energia elétrica produzida mensalmente para levantamento da influência das variações climáticas na produção de eletricidade por estação;
- Monitoramento da temperatura na parte posterior dos módulos, para analisar a sua influência no rendimento do sistema fotovoltaico.
- Avaliação e análise da degradação dos módulos, descarte e impactos causados ao meio ambiente.
- Avaliação e análise econômica sobre cobrança de excedente de energia reativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABNT-NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.

Agencia Internacional de Energias: IEA-PVPS , disponível em website , <http://www.iea-pvps.org>

Alves, G. J. (2013) ‘Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica nas Energias Renováveis: O Potencial da Energia Solar na Ilha de São Vicente - Cabo Verde’.

Alves, L.M , Costa, A.L., & Carvalho, M.G. (1999). Analysis of potencial for market penetration of renewable energy technologies in peripheral islands. 311-317.

AMÉRICADOSOL. Sistemas Fotovoltaicos. Disponível em:
http://www.americadosol.org/energia_fotovoltaica/sistemas-fotovoltaicos/.

ARCURI, N.; REDA, F.; SIMONE, M. Energy and thermo-fluid dynamics evaluations of photovoltaic panels cooled by water and air. In: Solar Energy. [S.l.: s.n.], 2014.

ASSUNÇÃO, Hélio Delgado. Degradação De Módulos Fotovoltaicos de Silício Cristalino Instalados no DEE – UFC. 2014. Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014. Disponível em
<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2014.1/H%C3%89LIO%20DELGADO%20ASSUN%C3%87%C3%83O.pdf>.

ATAG. Aviation climate solutions. Air Transport Action Group, 2015.

B.O. (03 de Janeiro de 2011). Boletim Oficial, I Série-Nº1 "B.O", da Republica de Cabo Verde. Decreto-Lei nº 1/2011, Estabelece as disposições relativas à promoção, ao incentivo e ao acesso, licenciamento e exploração inerentes ao exercício de atividade de produção independente e de auto produção de energia elétrica.

BENEDITO, R., S. Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, Sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulamento. São Paulo, 2009.

Boletim Oficial I Série n 64 de 15 de outubro de 2018.

BRAUN, P.; JARDIM, C. S.; RÜTHER, R.; “Análise Da Contribuição Energética De Sistemas Fotovoltaicos Integrados Em Edificações: Aeroporto Internacional De Florianópolis, Um Estudo De Caso.” Enac. 2007.

Brito, L.P. (2012). O Turismo em São Vicente face às Alterações Climáticas (pp. 1-39): KSIDS.

BRITO, P. Análise e Viabilidade de Projetos de Investimentos. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Brunetti, Cristiano and Adriano Scheid. 2004. “Tipo de Galvanização : Influência Nas Propriedades Mecânicas E Conformabilidade.”

BUSINESS WIRE. SolarWorld fornece a maior instalação solar da República Dominicana. 2013. Disponível em
<<http://www.businesswire.com/news/home/20130827005466/pt>>.

CRESESB. Energia Solar – princípios e Aplicação. Centro de Referência para energia solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2006.

Dias, F. J. (2009). Soluções Técnicas para projeto de Edifícios de Habitações Incorporando produção Própria de energia. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia eletrotécnica e de Computadores Major Energia, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto

ECREEE, ECOWAS Regional Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency. (2012). ECREEE na COP17 (Vol. IV, pp. 1-16). Durban, Africa do Sul.

ENERGY, TECHNOLOGY & POLICY. Solar Panels and Airports, like Peanut Butter and Jelly, 2013. Disponível em:
<<https://webberenergyblog.wordpress.com/2013/04/10/solar-panels-and-airports-like-peanut-butter-and-jell>>.

Fernandes, J. S. (2016) ‘Materiais Metálicos’.

Greenpro. 2004. “Energia Fotovoltaica Manual Sobre Tecnologias, Projetos E Instalações.

GTES. (2004). Manual de Engenharia para sistemas Fotovoltaicos. Edição especial da PRC- PRODEEM.

HALL, Max. SolarWorld supplies largest solar project in Dominican Republic. 2013. Disponível em <https://www.pv-magazine.com/2013/09/02/solarworld-supplies-largest-solar-project-in-dominican-republic_100012602>.

KALOGIROU, S. A. Solar thermal collectors and applications. In: Progress in Energy And Combustion Science. [S.l.: s.n.], 2004. v. 30, n. 3.

LAMBERTS, R., GHISI, E., PEREIRA, C. D., & BATISTA, J. O. 2010. Casa eficiente: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/LABEE.

MACK, J. L. World's largest solar farm complete at Indianapolis airport. Disponível em <http://www.indystar.com/story/money/2014/12/22/indianapolis-airport-solar-farm-expansion-complete/20754083>.

Mascarenhas, Guilherme. 2015. “Estruturas de Suporte Para Painéis Fotovoltaicos.” 1 13.

MECC. (2008). Política energética de Cabo Verde. Praia, Cabo Verde.

MENON, Supriya. How is the world's first solar powered airport faring? 2015. Disponível em <<http://www.bbc.com/news/world-asia-india-34421419>>.

MESF – Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Setor energético. Disponível em:
http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_204.pdf.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Sistemas híbridos: soluções energéticas para a Amazônia. Brasília, Brasil, 2008.

Monteiro, A. D. . (2012). O impacto das energias renováveis na economia dos países emergentes: o caso de Cabo Verde. (Mestrado), ISCET-IUL, Lisboa.

Morais, J. L. (2009). Sistemas fotovoltaicos, da teoria à prática. Weidmuller.

NAOUMOV, Anatoli. Thunder Bay Airport Solar Park by Canadian Solar/SkyPower Finalist at Intersolar 2012. 2012. Disponível em <http://www.greenq.ca/thunder-bay-airport-solar-park-by-canadian-solarskypower-finalist-at-intersolar-2012>.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/sun/overview/>.

Noark. (junho de 2013). Photovoltaics catalogue of DC Components and Solutions for PV Applications. Obtido em 21 de Outubro de 2013, de http://www.noark-electric.bg/data/struktura/files/Photovoltaics%20EU-EN_20130605.pdf

OBSERVATÓRIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE. Energia Solar Fotovoltaica: Programa de capacitação em energias renováveis. [S.l.], 2013.

ONU. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. In W. C. o. E. a. Development (Ed.), (Vol. 1): ONU.

ONU. (2012). O Futuro Que Queremos. Paper presented at the RIO+20, Rio de Janeiro.

PARKINSON, Giles. Canberra Airport raises safety concern about 4MW solar farm. 2013. Disponível em <<http://reneweconomy.com.au/airport-25705>>.

PEERCV (2011) 'PLANO ENERGÉTICO RENOVÁVEL CABO VERDE'.

Pereira, F. (2012). Guia de Manutenção de Instalações Fotovoltaicas. Porto, Portugal:

Publindústria, edições técnicas.

PERRY, Rainer. Düsseldorf International Airport Goes Solar. Disponível em <http://www.prweb.com/releases/2011/12/prweb9066799.htm>.

PHB. Disponível em:

<http://www.phb.com.br/produtos/solar/inversores/1500W_br.aspx#>.

PINHO, João Tavares. GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de trabalho de energia solar – GTES – Cepel –CRESESB. Disponível em: < <http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf> >.

PROCTOR, Cathy. Denver International Airport's fourth solar power system now producing power. 2014. Disponível em bizjournals.com/denver/blog/earth_to_power/2014/06/denver-international-airport-s-fourth-solar-power.html>.

PVsyst. (1994-2010). PVsyst Photovoltaic Software, de Webe side de PVsyst Photovoltaic Software: www.pvsyst.com

REAL SOLAR. Os sistemas conectados à rede (on grid). 2017. Disponível em: <http://real-solar.com/como-funciona.php>>.

SEI. (2009). PHOTOVOLTAICS Design and Installation Manual Renewable Energy Education For a Sustainable Future. Canada: New Society Publishers.

SOLAR CHOICE. Solar farm projects near airports: Is glare an issue? 2013. Disponível em <<https://www.solarchoice.net.au/blog/solar-panels-near-airports-glare-issue>>.

Spaven, C. Solar photovoltaic energy facilities: assessment of potential for impact on aviation. Spaven Consulting, 2011.

UNIA. Tecnologia de Células e Módulos Fotovoltaicos. Universia. Disponível em: <<http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/unidad-3>>.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações, 1 ed.; São Paulo: Érica, 2012.

Zolin, Ivan. 2011. “Materiais de Construção Mecânica.”.

Web grafia

<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-motor-de-passo-5v-28byj-48>.

<https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds3231/>

ANEXOS

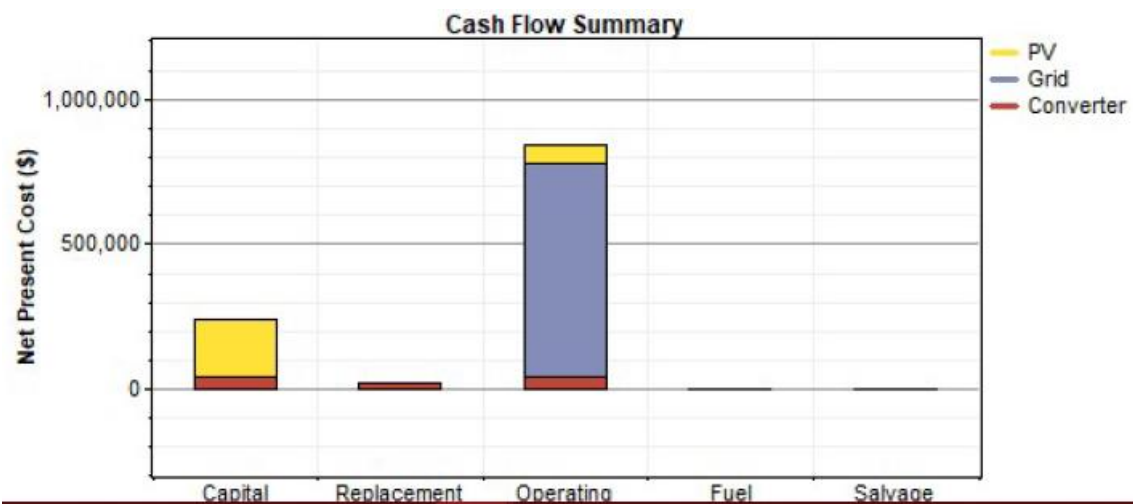
Anexo 1- Relatório do sistema dimensionado no HOMER

System architecture

PV Array	216 kW
Grid	1,244 kW
Inverter	114 kW
Rectifier	114 kW

Cost summary

Total net present cost	\$ 1,089,018
Levelized cost of energy	\$ 0.188/kWh
Operating cost	\$ 66,764/yr

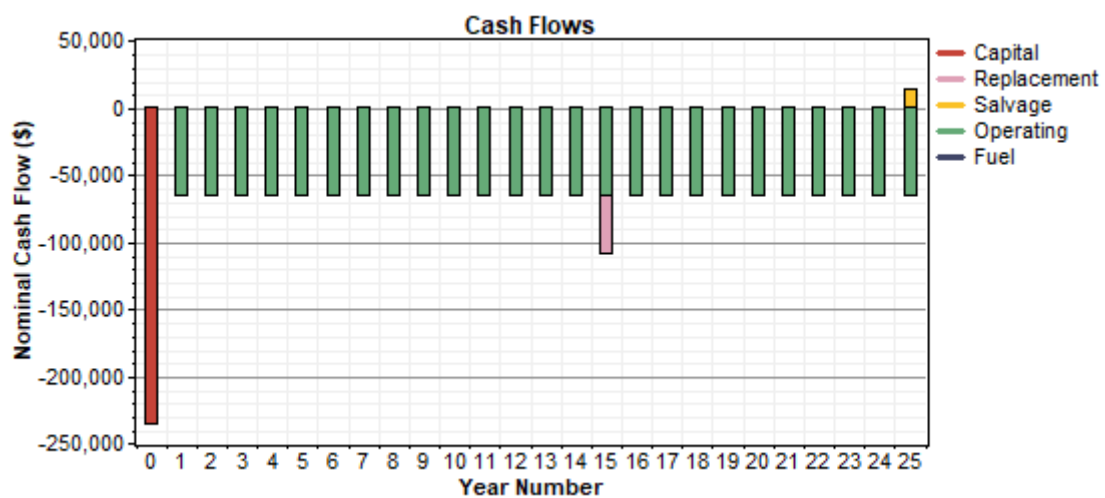


Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
PV	193,104	0	63,917	0	0	257,021
Grid	0	0	736,781	0	0	736,781
Converter	42,450	17,713	38,350	0	-3,297	95,216
System	235,554	17,713	839,048	0	-3,297	1,089,018

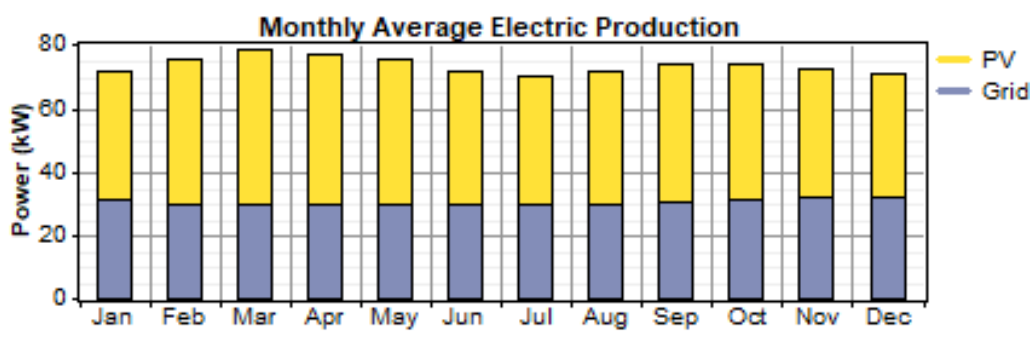
Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	(\$/yr)	(\$/yr)	(\$/yr)	(\$/yr)	(\$/yr)	(\$/yr)
PV	15,106	0	5,000	0	0	20,106
Grid	0	0	57,636	0	0	57,636
Converter	3,321	1,386	3,000	0	-258	7,448
System	18,427	1,386	65,636	0	-258	85,190



Electrical

Component	Production	Fraction
	(kWh/yr)	
PV array	377,479	59%
Grid purchases	265,831	41%
Total	643,310	100%



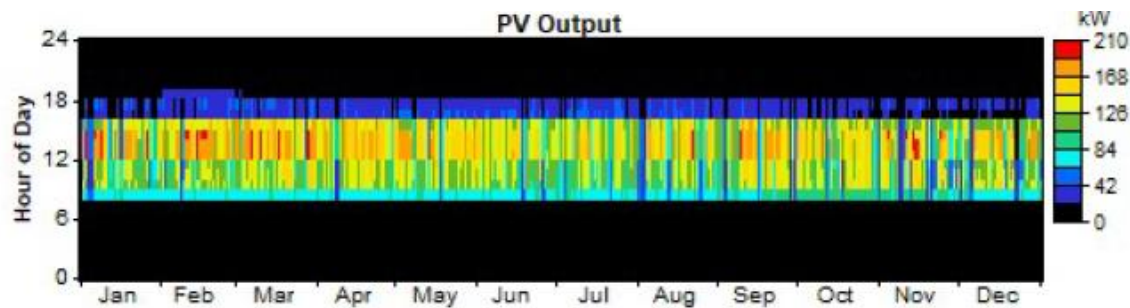
Load	Consumption	Fraction
	(kWh/yr)	
AC primary load	454,031	78%
Grid sales	129,700	22%
Total	583,731	100%

Quantity	Value	Units
Excess electricity	52,064	kWh/yr
Unmet load	0.00	kWh/yr
Capacity shortage	0.00	kWh/yr
Renewable fraction	0.587	

PV

Quantity	Value	Units
Rated capacity	216	kW
Mean output	43.1	kW
Mean output	1,034	kWh/d
Capacity factor	19.9	%
Total production	377,479	kWh/yr

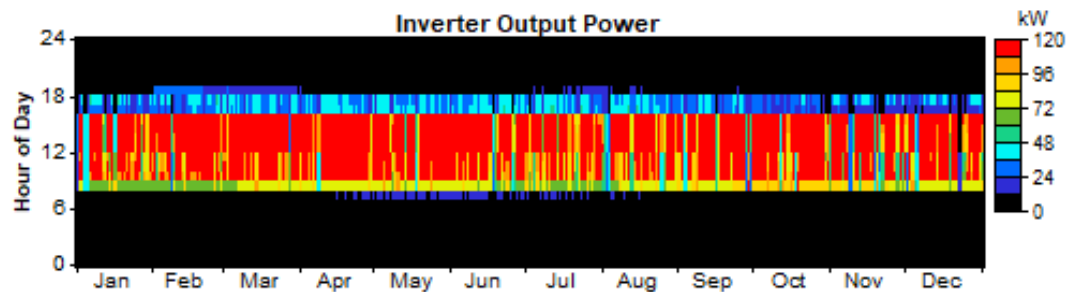
Quantity	Value	Units
Minimum output	0.00	kW
Maximum output	201	kW
PV penetration	83.1	%
Hours of operation	4,390	hr/yr
Levelized cost	0.0533	\$/kWh



Converter

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	114	114	kW
Mean output	36	0	kW
Minimum output	0	0	kW
Maximum output	114	0	kW
Capacity factor	31.8	0.0	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of operation	4,390	0	hrs/yr
Energy in	325,420	0	kWh/yr
Energy out	317,930	0	kWh/yr
Losses	7,490	0	kWh/yr



Grid

Rate: Rate 1

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
Jan	23,483	9,773	13,710	56	5,344	0
Feb	19,836	10,279	9,558	56	4,211	0
Mar	21,931	12,241	9,691	56	4,524	0
Apr	21,264	12,089	9,175	56	4,353	0
May	21,919	11,848	10,071	56	4,579	0
Jun	21,356	10,603	10,753	56	4,603	0
Jul	21,877	10,542	11,335	56	4,763	0
Aug	22,263	10,175	12,088	56	4,930	0
Sep	22,091	10,284	11,807	56	4,864	0
Oct	23,120	11,780	11,340	56	4,938	0
Nov	22,810	9,973	12,837	56	5,119	0
Dec	23,880	10,113	13,768	56	5,408	0
Annual	265,831	129,700	136,131	56	57,636	0

Emissions

Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	86,035
Carbon monoxide	0
Unburned hydrocarbons	0
Particulate matter	0
Sulfur dioxide	373
Nitrogen oxides	182

Anexo 2- Catalogo Modulo

MONOCRISTALINO



AVP 72M
295 W - 300 W

www.avproject.it

MÓDULO SOLAR FV MONOCRISTALINO DE ALTA EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO

PORQUE ESCOLHER MÓDULOS AVPROJECT

- Fabricante líder no mercado Italiano; produto "Made in Europa" certificado pelo organismo TÜV InterCert.
- Módulos fotovoltaicos produzidos em estabelecimentos certificados ISO 9001 e ISO 14001.
- Certificados internacionais de qualidade, segurança e prestações.
- Etiquetação ENCE - INMETRO do Programa Brasileiro de Etiquetação, resultando todos os módulos com a mais alta classificação energética: A
- Alta eficiência das células solares m-Si com transmissão elevada que proporciona alta eficiência do módulo AVP72M até 15,31%, minimizando os custos de instalação e maximizando a produção em kWh do sistema.
- Tolerância de potência +/-2%, minimizando as perdas devido a discrepância nas características de tensão e corrente do sistema solar fotovoltaico.
- Desempenho elevado em condições de pouca luz.
- Garantia de 5 anos por defeitos de fabricação; 12 anos 90% e 25 anos 80% da potência nominal.









IEC 61215 - EN 61730 CERTIFIED

Características Elétricas STC

MODELOS	295 W	300 W	
Potência máxima (Pmax)	295	300	Wp
Tensão de funcionamento (Vmp)	36,4	36,67	V
Corrente de funcionamento (Imp)	8,1	8,15	A
Tensão em circuito aberto (Voc)	45,3	45,6	V
Corrente de curto-circuito (Isc)	8,66	8,77	A
Tolerância	+/-2	+/-2	%
Eficiência do módulo	15,1	15,3	%
Tensão máxima do sistema (Vmax)	1000	1000	V

STC: Irradiação de 1000W/m2, temperatura do módulo de 25°C, AM = 1,5.

No representation, neither superior, nor inferior, nor, neither inferior.

Características de temperatura

Coeficiente de temperatura da Pmax	-0,45 %/°C
Coeficiente de temperatura da Voc	-0,34 %/°C
Coeficiente de temperatura da Isc	0,04 %/°C
Temperatura nominal de funcionamento da célula (NOCT)	46±2°C

Características mecânicas

N° Células	72
Tipo de células	monocristalino
Dimensões células	156 x 156 mm
Dimensões módulo	1966 x 997 x 42 mm
Peso	26 kg

"Este produto tem seu desempenho avaliado pelo INMETRO e está em conformidade com o Programa Brasileiro de Etiquetação."

 **Made in Italy**

10-2011

Anexo 3- Fatura mensal



ELECTRA NORTE, S.A.

Titular do Contrato / Local de Cons. (CIL): 104622-102

ASA- EMPRESA NACIONAL SEGURANÇA AEREA

ZONA SAO PEDRO

SAO PEDRO

Número de Contribuinte : 200166972

Número de Cliente / Conta : 35785-001

Unidade Comercial: MINDELO

Tipo de Cliente: Comércio, Indústria, Agricul.
Tarifa: Média Tensão (MT)

Tipo de Leitura: Empresa

Número de Fatura: 005190100004774
Período de Faturação: 2017-12-21 a 2018-01-19

Tipo de Consumo	Contador Nº	Leitura Anterior 2017-12-20	Leitura Atual 2018-01-19	Fator de Multiplicação	Consumo Anterior	Consumo Atual
Activo	35049463	4.402,019	4.422,379	1,00000	0,0	20.360,0 kWh
Reactiva	35049463	2.937,588	2.944,200	1,00000	0,0	6.612,0 kWh
Ponta Torção	35049463	0	76	1.000,00000	0,0	76.000,0 kW
Descrição	Explicação de Valores			Faturado	Valor Unitário	Valor IVA
Electricidade	30d x 670,87/d			20.360,00	20,780000	423.081,00 4
Reactiva	FP-FK-0,95;0,00=>20360 x 0,00				20,780000	0,00 4
Taxa de Potência	R-76000=>76000x1,0 Meses			76.000,00	0,279960	21.277,00 4
Aluguer de contador	370,00 x 1,0 Meses			1,00	370,000000	370,00 4
Taxa RTC	533,00 x 1,0 Meses			1,00	533,000000	533,00 0
Fator de Potência	1/√(1+(8612/20360)²)=0,95			0,95		0,00
Contribuição IP	20000,0 x 4,55%			910,00	22,000000	20.102,00 4
IVA 10%	464830,00x15,00/100					69.725,00
IVA 0%	533,00x0,00/100					0,00
				Total (Escudos) :-		535.088,00



Gasto médio diário em Escudos (365 dias) : 32,44€

Mensagens

Nesta data a dívida neste local de consumo é de Escudos 1,131,582,00 correspondente à fatura de 2017-11-27

Esta situação que pode resultar de esquecimento é regularizável nos nossos balcões.

O não pagamento da dívida no prazo de 15 dias, após data limite do pagamento, implica a suspensão do fornecimento (Lei nº21/VIII/2012 de 19 Dez.)

PROCESSADO POR COMPUTADOR
3,00x241
CONSERVE ESTE DOCUMENTO.
© emitido pela ELECTRA NORTE, SA - NIF: 264112610

Nº Doc. Pagamento	Data de Emissão	Data Débito	Total a Pagar
18010050105137399	2018-01-26	2018-02-26	535.088,00Escudos

Estimado Cliente:

Esta(s) fatura(s) será apresentada, para pagamento, no Balcão a partir da data abaixo indicada.

Estamos à sua disposição de 2ª a 6ª das 8.00H às 16.00H

ou através dos telefones 303048/303039

Em caso de emergência ligue 0800 1133

ASA- EMPRESA NACIONAL SEGURANÇA AEREA
Cx POSTAL 523

MINDELO (CENTRO)
2110 MINDELO-CENTRO

FATURA

2ª Via

Handwritten signature and date:
20/01/2018

Página 1 de 1

Leituras Comunicadas

Comunicação de leituras. Período ideal 08/02 a 15/02.

Código Local Consumo 104622102. Telef. 800 30 45

000000 M

ASA, S.A.
ASP
30/01/18
LANÇADO